

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA**

Lisiane Cristina Nito

**APLICAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO COM FOCO NA  
PRODUTIVIDADE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA  
EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós  
Graduação em Engenharia Mecânica da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Abelardo Alves de  
Queiroz, Ph.D.

Florianópolis  
2010

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

N731a Nito, Lisiane Cristina

Aplicação do trabalho padronizado com foco na produtividade  
[dissertação] : um estudo de caso em uma empresa do setor  
automotivo / Lisiane Cristina Nito ; orientador, Abelardo  
Alves de Queiroz. - Florianópolis, SC, 2010.

143 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia mecânica. 2. Melhoria contínua. 3. Manufatura  
enxuta. 4. Padrões de produção. I. Queiroz, Abelardo Alves de.  
II. Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

CDU 621

Lisiane Cristina Nito

**APLICAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO COM FOCO NA  
PRODUTIVIDADE: UM ESTUDO DE CASO EM UMA  
EMPRESA DO SETOR AUTOMOTIVO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 31 de Janeiro de 2011.

---

Prof. Eduardo Alberto Fancello, D.Sc. – Coordenador do Curso

---

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D. – Orientador

**Banca Examinadora:**

---

Prof. João Carlos Espíndola Ferreira, Ph.D. – Presidente

---

Prof. Carlos Henrique Ahrens, Dr. Eng.

---

Eng. Adrián Guillermo Ricardo Lucero, Dr. Eng.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao meu orientador, professor Abelardo Alves de Queiroz, por sua paciência, dedicação e confiança que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus pais e a Tia Cuca, por me amarem incondicionalmente, me apoiarem e estarem sempre ao meu lado por todo caminho.

Aos meus amigos, que me ajudaram e me incentivaram ao longo de nosso convívio. Em especial a Anna que está sempre ao meu lado, a Deise pelos bons tempos em Curitiba e ao Félix, pela sua paciência em todos os momentos.

Aos amigos da UFSC e GETEQ: Darlei, Jonathas, Luciano, Carlos, Gustavo, Aline e Juliana, pelo companheirismo ao longo do mestrado.

Agradeço também a empresa onde a pesquisa foi desenvolvida, pelo espaço cedido e pela confiança na realização do trabalho. Em especial ao time do BPS por patrocinar o projeto: Dabague, Ademir e Brenda. Aos companheiros de trabalho: Carlos Irumé, Luciano Tardelli, Jose Pedroso, Roberto Serta, Jorge Akiyo, Lise Lowen, Itiro, Denia, Sandor, Josemar, Luiz, Jair, Nevile, Alex, Alexander, Wagner, Karina, Robson, Wilian, Paulo e a todos que trabalham na fábrica, que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelos recursos concedidos sob a forma de bolsa de estudos.

Aos professores do POSMEC, que através de suas aulas contribuíram com meu crescimento profissional. E aos professores que se disponibilizaram a participar da banca avaliadora e que me ajudaram a aprimorar este trabalho.



“Mais do que máquinas precisamos de humanidade. Mais do que inteligência precisamos de afeição e doçura. Sem essas virtudes a vida será de violência e tudo estará perdido.”

Charles Chaplin





## RESUMO

A concorrência entre as empresas, juntamente com consumidores mais exigentes definem um novo cenário, onde as empresas necessitam de um maior dinamismo para permanecer no mercado. Sendo assim, grande parte das empresas está abandonando o sistema de produção em massa e está iniciando a sua inserção ao sistema de manufatura enxuta. A manufatura enxuta utiliza ferramentas como o sistema *kanban*, *poka-yoke*, leiaute celular, troca rápida de ferramentas. Entre as ferramentas utilizadas, o trabalho padronizado se destaca por ser uma das ferramentas de base que possibilita reduzir e eliminar desperdícios e obter ganhos de produtividade. Partindo dessas considerações o presente trabalho apresenta a aplicação de um método para implantação do trabalho padronizado, em uma empresa de grande porte do setor metal-mecânico. A empresa onde a pesquisa foi realizada não praticava ainda padronização no processo estudado e buscava como resultados o controle das atividades realizadas, maior transparência nos processos, eliminação de desperdícios e consequentemente o aumento da produtividade. O método utilizado para padronizar o trabalho segue um roteiro de 7 passos, que compreendem: 1) Cálculo do *takt time*; 2) Cálculo do tempo de ciclo planejado; 3) Empilhamento das atividades; 4) Cronoanálise; 5) Cálculo do número de operadores; 6) Gráfico de balanceamento de operadores do estado atual; e 7) Gráfico de balanceamento de operadores do estado futuro. Através de uma pesquisa-ação foi possível aplicar o método apresentado em conjunto com uma empresa do setor automotivo, obtendo resultados que atendem às expectativas tanto do lado da empresa como do lado da pesquisa. Portanto, este trabalho confirma os resultados descritos na bibliografia sobre manufatura enxuta e trabalho padronizado, apresentando ganho de produtividade de 8,3% em toda cadeia produtiva.

**Palavras chaves:** Manufatura Enxuta, Trabalho Padronizado, Produtividade, Melhoria Contínua.



## ABSTRACT

The increasing competition between companies, along with more demanding consumers, has created a new market where companies need to demonstrate greater dynamism in order to remain competitive and active. Therefore, most companies are moving away from mass production and starting to implement lean manufacturing systems. Lean manufacturing systems use tools such as kanban, poka-yoke, cellular layout, rapid exchange of tools. Among the tools used, standard work stands out as a basic tool that allows companies to reduce and eliminate waste and to achieve productivity gains. Based on these considerations, this dissertation considers the application of a method for implementing standard work in a large company, in the metal-mechanic production sector. The company where this work was undertaken did not have standardization in the manufacturing process studied and sought to introduce standardization to control its activities, have greater transparency in its processes, eliminate waste and to increase productivity. The method used to standardize the work includes the following seven steps: 1) Calculation of takt time; 2) Calculation of planned cycle time; 3) Stacking activities; 4) Cronoanalysis; 5) Calculating the number of operators; 6) Operator balance chart of the current state; and 7) Operator balance chart of the future state. Through action-research it was possible to work with a company in the automotive sector and to apply the standardization method to their manufacturing process. This allowed results to be obtained that met the expectations of both sides, the company and the research. Therefore, this work confirms the results described in the literature on lean manufacturing and standardized work, achieving a productivity gain of 8.3% throughout the production chain.

**Key-words:** Lean Manufacturing, Standard Work, Productivity, Continuous Improvement.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - CASA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO. FONTE: ADAPTADO DE LÉXICO LEAN (2007). .....	28
FIGURA 2.1 - DIAGRAMA COMPARATIVO DA ABORDAGEM TRADICIONAL DE MELHORIAS E DA MANUFATURA ENXUTA. FONTE: ADAPTADO DE HINES & TAYLOR (2000). .....	46
FIGURA 2.2 - MELHORIA COM TRABALHO PADRONIZADO <i>VERSUS</i> SEM PADRÃO. FONTE: APOSTILA DE TREINAMENTO DA EMPRESA (2008). ....	51
FIGURA 2.3 – FLUXO CONTÍNUO <i>VERSUS</i> FLUXO INTERROMPIDO. FONTE: ADAPTADO DE BOUZON (2006). .....	54
FIGURA 2.4 - EXEMPLO DE CÉLULA DE MANUFATURA. FONTE: ROTHER & HARRIS (2002). .....	58
FIGURA 2.5 - ATIVIDADES CÍCLICAS E ACÍCLICAS. FONTE: APOSTILA DE TREINAMENTO DA EMPRESA (2008). .....	62
FIGURA 2.6 - GBO COM SUAS PRINCIPAIS INFORMAÇÕES. FONTE: ADAPTADO DE ROTHER & HARRIS (2002). .....	65
FIGURA 2.7 - FLUXOGRAMA DA REAÇÃO EM CADEIA. FONTE: ADAPTADO DE CONTADOR (1998). .....	67
FIGURA 3.1 - BOMBA INJETORA E COMPONENTES PRINCIPAIS. FONTE: INTRANET DA EMPRESA (2008). .....	72
FIGURA 3.2 - MÉTODO DO TRABALHO PADRONIZADO. FONTE: DADOS DA EMPRESA (2008). .....	74
FIGURA 3.3 – CÁLCULO DO <i>TAKT TIME</i> . FONTE: FOTO TIRADA PELA AUTORA (2008). .....	77
FIGURA 3.4 - PLANILHA PARA CÁLCULO DO <i>TAKT TIME</i> COM DETALHES DO PREENCHIMENTO. FONTE: DADOS DA EMPRESA (2008). .....	78
FIGURA 3.5 - CÁLCULO DO TEMPO DE CICLO PLANEJADO. FONTE: FOTO TIRADA PELA AUTORA (2008). .....	79
FIGURA 3.6 – ATIVIDADES CÍCLICAS E ACÍCLICAS NO LEIAUTE. FONTE: FOTO TIRADA PELA AUTORA (2008). .....	82
FIGURA 3.7 – CÁLCULO DO NÚMERO DE OPERADORES. FONTE: FOTO TIRADA PELA AUTORA (2008). .....	87

FIGURA 3.8 - GRÁFICO DE BALANCEAMENTO DO OPERADOR DO ESTADO ATUAL. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010). .....	89
FIGURA 3.9 - GRÁFICO DE BALANCEAMENTO DOS OPERADORES DO ESTADO FUTURO. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010). .....	91
FIGURA 3.10 - ESTADO ATUAL <i>VERSUS</i> SIMULAÇÃO DA NOVA CONFIGURAÇÃO. FONTE: FOTOS TIRADAS PELA AUTORA (2008). .....	92
FIGURA 3.11 – DOCUMENTO DE INSTRUÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO (ITP). FONTE: DADOS DA EMPRESA (2008). .....	95
FIGURA 3.12 - GRÁFICO DE SEQUÊNCIA DE TRABALHO (STAB). FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010). .....	96
FIGURA 3.13 - DOCUMENTO DO LEIAUTE DO TRABALHO PADRONIZADO. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010). .....	97
FIGURA 3.14 - QUADRO DE TRABALHO PADRONIZADO COM A DOCUMENTAÇÃO. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010). .....	98
FIGURA 4.1 - PLANILHA UTILIZADA PARA CÁLCULO DO <i>TAKT TIME</i> . FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	103
FIGURA 4.2 - GBO DO ESTADO ATUAL PARA O EXEMPLO 1. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	104
FIGURA 4.3 - GBO DO ESTADO FUTURO PARA O EXEMPLO 1. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	106
FIGURA 4.4 - ESTUDO DE CAPACIDADE PARA O EXEMPLO 1. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	107
FIGURA 4.5 - LEIAUTE DA CÉLULA PARA O EXEMPLO 1. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	108
FIGURA 4.6 - PLANILHA UTILIZADA PARA CÁLCULO DO <i>TAKT TIME</i> . FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	110
FIGURA 4.7 - GBO DO ESTADO ATUAL PARA O EXEMPLO 2. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	112
FIGURA 4.8 - GBO DO ESTADO FUTURO PARA O EXEMPLO 2. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	114
FIGURA 4.9 - LEIAUTE DA CÉLULA PARA O EXEMPLO 2. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2008). .....	115

## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - COMPARAÇÃO ENTRE AS PRODUÇÕES ARTESANAL, EM MASSA E ENXUTA. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2009).	38
TABELA 2.2 – CARACTERÍSTICAS DA PRODUÇÃO EMPURRADA <i>VERSUS</i> PUXADA. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2009).	56
TABELA 3.1 – ESTADO INICIAL <i>VERSUS</i> OBJETIVOS ALMEJADOS COM A PADRONIZAÇÃO. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	73
TABELA 3.2 – LISTA DE ATIVIDADES. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	83
TABELA 3.3 – LISTA DAS ATIVIDADES COM OS TEMPOS E FREQUÊNCIAS. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	86
TABELA 4.1 – SOMATÓRIO DAS ATIVIDADES MANUAIS DO ESTADO FUTURO DO EXEMPLO 1. FONTE: DADOS DA EMPRESA (2008).	105
TABELA 4.2 – PRODUTIVIDADE ANTES DO TRABALHO PADRONIZADO, EXEMPLO 1. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	108
TABELA 4.3 - PRODUTIVIDADE APÓS O TRABALHO PADRONIZADO, EXEMPLO 1. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	109
TABELA 4.4 - PRODUTIVIDADE ANTES DO TRABALHO PADRONIZADO, EXEMPLO 2. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	116
TABELA 4.5 - PRODUTIVIDADE APÓS O TRABALHO PADRONIZADO, EXEMPLO 2. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	116
TABELA 4.6 – RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO QUANTO À LIBERAÇÃO DE MÃO DE OBRA. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	118
TABELA 4.7 – RESULTADOS DE GANHO DE PRODUTIVIDADE PARA AS CÉLULAS 5, 8 E 11. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	119
TABELA 4.8 – GANHOS EM PRODUTIVIDADE COM A PADRONIZAÇÃO. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	119
TABELA 4.9 – GANHO GERAL DE PRODUTIVIDADE. FONTE: ELABORADO PELA AUTORA (2010).	121





## **LISTA DE TERMOS ESTRANGEIROS**

*Heijunka*: Nivelamento da produção em volume e/ou mix de produtos.

*Jidoka*: Automação (automação com inteligência humana).

*Just in time*: Estratégia de manufatura ou sistema de controle da produção que prega a produção no momento certo.

*Kaizen*: Melhoria contínua.

*Kanban*: Cartão ou sinal visível.

*Lead time*: Tempo de atravessamento.

*Poka-yoke*: Métodos que ajudam os operadores a evitarem erros no trabalho.

*Setup*: Tempo de preparação de um processo produtivo para mudança de produto.

*Takt time*: Tempo takt (tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente).

*Work in process*: Estoque de material de um trabalho em andamento.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
1.1	CONTEXTO DA PESQUISA .....	23
1.2	MOTIVAÇÃO DA PESQUISA .....	25
1.3	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	26
1.4	OBJETIVOS .....	29
1.4.1	Objetivo Geral .....	29
1.4.2	Objetivos Específicos .....	29
1.5	METODOLOGIA DA PESQUISA .....	30
1.5.1	Classificação da Pesquisa .....	30
1.5.2	Fases da Metodologia de Pesquisa .....	31
1.6	RELEVÂNCIAS E CONTRIBUIÇÕES .....	32
1.7	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	33
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>35</b>
2.1	MANUFATURA ENXUTA.....	35
2.1.1	História da Manufatura Enxuta .....	35
2.1.2	Princípios da Manufatura Enxuta .....	38
2.2	CONCEITO E TIPOS DE DESPERDÍCIOS.....	41
2.3	TRABALHO PADRONIZADO.....	47
2.3.1	A Administração Científica como Base para o Trabalho Padronizado .....	47
2.3.2	Conceito de Trabalho Padronizado.....	49
2.4	CONCEITOS RELACIONADOS COM O TRABALHO PADRONIZADO.....	53
2.4.1	Fluxo Contínuo .....	54
2.4.2	Produção Puxada.....	55
2.4.3	Célula de Trabalho.....	56

2.4.4	Operadores Multifuncionais.....	58
2.4.5	Takt Time .....	58
2.4.6	Tempo de Ciclo.....	59
2.4.7	Sequência de Trabalho .....	60
2.4.8	Elemento de Trabalho.....	61
2.4.9	Atividades Cíclicas e Acíclicas.....	61
2.4.10	Análise de Tempos e Movimentos .....	63
2.4.11	Tempo Padrão .....	64
2.4.12	Gráfico de Balanceamento do Operador .....	64
2.4.13	Produtividade .....	66
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>69</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	69
3.1.1	Caracterização do Sistema de Manufatura .....	69
3.1.2	Caracterização do Produto .....	71
3.1.3	Estado Inicial do Processo de Manufatura .....	72
3.2	APLICAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO PADRONIZADO.....	74
3.2.1	Etapa 1: Formação da Equipe .....	75
3.2.2	Etapa 2: Treinamento da Equipe.....	76
3.2.3	Etapa 3: Aplicação do Roteiro para Padronização do Trabalho .....	77
3.2.4	Etapa 4: Simulação .....	92
3.2.5	Etapa 5: Documentação.....	93
3.2.6	Etapa 6: Treinamento dos Operadores .....	99
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS .....</b>	<b>101</b>
4.1	EXEMPLO 1.....	101
4.2	EXEMPLO 2.....	109

4.3	CONCLUSÕES E RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO .....	116
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>123</b>
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	125
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	127
	APÊNDICE A .....	133
	APÊNDICE B .....	137



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A crescente globalização, que é facilitada pelo barateamento e avanço dos meios de transporte e de comunicação, exige das empresas um dinamismo maior para se manter no mercado, pois a própria globalização permite um número maior de opções de compra. Isto faz com que a competição entre as empresas por uma fatia do mercado seja crescente a cada dia. Além da globalização e da necessidade de mudança por parte das empresas para se manterem competitivas, existe uma maturidade por parte dos consumidores, que estão mais exigentes, esperam por produtos diversificados, com qualidade e entregas garantidas a preços razoáveis.

Com este cenário, uma mudança ou adaptação se torna inevitável para que as empresas satisfaçam as expectativas crescentes dos consumidores. Empresas em diversos países estão sujeitas a este dilema: como atender o cliente com qualidade, dentro do prazo de entrega e gerar lucro para se manter competitivo. Muitas empresas já perceberam que a produção em massa, utilizada por muitos, há muitos anos já não atende mais estas necessidades.

A produção em massa apresenta como principais características a organização departamental, a produção de produtos em grandes quantidades, produtos padronizados (com baixa ou nenhuma variação), máquinas especializadas, força de trabalho com pouca ou nenhuma qualificação, divisão do trabalho, alta especialização de tarefas e como resultado, produtos com baixos preços e competitivos no mercado (economia de escala).

A necessidade de produtos diversificados, com produção de lotes menores, tempos menores para a entrega, garantia de qualidade, faz com que muitas empresas gastem consideráveis esforços para melhorar os seus processos e reduzir os desperdícios, a fim de obter uma diferenciação de seus concorrentes.

Dentro deste contexto, ganha força a produção enxuta, que nasceu no Japão, logo após a Segunda Guerra Mundial, mas especificamente na indústria de automóveis Toyota. Este novo modelo produtivo foi impulsionado pela necessidade de produtos variados, porém a indústria japonesa no período pós-guerra não necessitava de

grande volume de produtos e possuía grande escassez de recursos, impossibilitando assim a prática da produção em massa (MONDEN, 1998).

Ao contrário da produção em massa que possui grandes estoques, muitas máquinas e força de trabalho, a Toyota buscou produzir com plena utilização de sua capacidade, que era limitada. Haja vista que os recursos e material eram escassos, foi desenvolvido um sistema para produzir com o mínimo de defeitos, pouco estoque, utilizando o mínimo possível de recursos, onde o que era produzido era imediatamente vendido.

A manufatura enxuta apresenta como principais características a organização por família de produtos, com processos altamente flexíveis, diversificação de produtos, produzidos em pequenos lotes, utilização de máquinas mais simples, força de trabalho multifuncional e alta preocupação com a qualidade dos produtos. Para atingir estas exigências e alcançar resultados diferenciados, várias ferramentas são adotadas, como o sistema *kanban*, *poka-yoke*, *leiaute celular*, troca rápida de ferramentas e o trabalho padronizado.

As ferramentas utilizadas pela manufatura enxuta facilitam a busca pelo que agrega valor ao produto do ponto de vista do consumidor, buscando a melhor alocação dos recursos de produção, qualificando a mão-de-obra, reduzindo os estoques e gerenciando o tempo da melhor forma, contribuindo para a redução de custos (ZAWISLAK et al, 2000). Dentre as ferramentas utilizadas, o trabalho padronizado se destaca por ser uma das ferramentas de base que possibilita reduzir e eliminar desperdícios e obter ganhos de produtividade.

O trabalho padronizado é a primeira ferramenta aplicada para descrever as atividades, criando padrões e gerando transparência nos processos onde os desvios ou irregularidades são facilmente identificados e corrigidos, sendo o ponto de partida para a melhoria contínua (LIKER & MEIER, 2007). A padronização é parte da atividade contínua de identificação de problemas, do estabelecimento de métodos eficazes e da definição do modo como esses métodos devem ser conduzidos, gerando a redução das perdas, um processo de trabalho melhor e a possibilidade de continuamente melhorar o processo existente.



## 1.2 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

A empresa onde a pesquisa foi realizada adota a manufatura enxuta em grande parte de seus processos, em maior ou menor grau de acordo com o processo. O processo escolhido para efetuar a pesquisa foi o da produção da bomba em linha, produto que tem aplicação em motores de caminhões, automóveis, tratores e motores estacionários. Este é o produto mais antigo ainda sendo produzido pela empresa. Por ser um produto antigo, voltado apenas ao mercado de reposição e que não atende às novas exigências em termos de emissão de poluentes, sua produção seria transferida para a Índia, que apresenta menores custos de fabricação. Para ter a possibilidade de prolongar o período de produção no Brasil e conseguir concorrer com os baixos custos de produção da Índia, houve a necessidade de gerar um processo mais competitivo.

Para este processo não havia nenhum tipo de padrão sendo utilizado pela produção, também não eram adotadas as ferramentas da manufatura enxuta. Com o objetivo de iniciar a inserção à manufatura enxuta, de diminuir os desperdícios e aumentar a eficiência de sua produção, meses antes desta pesquisa ser iniciada foi realizado um estudo para a mudança de leiaute, migrando de linhas de fabricação para o leiaute celular. Os produtos foram agrupados por famílias e a movimentação física das máquinas foi efetuada. Com estas mudanças a empresa procurava obter um leiaute orientado para o fluxo, implantação de rota de abastecimento de material, aumento da produtividade e liberação de área para um novo produto.

A empresa divulgou as melhorias obtidas com a mudança de leiaute através dos seguintes dados:

- Redução de área ocupada em 30%;
- Redução do material em processo (WIP) em 20%;
- Redução do tempo de processamento (*lead time*) em 20%; e
- Redução da distância percorrida pelo produto em 32%.

Apesar de toda a mudança física, nenhum esforço foi despendido a fim de aprimorar o método de como o trabalho era realizado, criando padrões e documentos. Assim sendo, pouco foi alcançado em relação à produtividade. Os operadores relatavam que haviam apenas trocado o local físico do posto de trabalho, mas continuavam fazendo todo o trabalho da mesma maneira como eram habituados a fazer. Neste

ambiente, onde apesar de mudanças terem sido iniciadas, poucos resultados referentes à produtividade foram visíveis e surgiu a necessidade da implantação do trabalho padronizado.

De acordo com o ambiente encontrado na empresa, o método de trabalho padronizada foi aplicado. Porém a definição do material em processo (WIP) está fora do escopo deste estudo, por já ter sido analisada e definida durante o estudo de mudança de leiaute. Apesar de a definição do material em processo (WIP) fazer parte dos elementos do trabalho padronizado, juntamente com a sequência de trabalho e o *takt time*, sua definição não é abordada neste trabalho, porém sua influência na padronização do trabalho ocorre através da definição da quantidade mínima de peças necessárias para execução do trabalho.

A decisão de deixar a definição do WIP fora do escopo deste estudo foi tomada em conjunto com a empresa, tendo consciência de que o trabalho padronizado não é uma ferramenta pontual e sim cíclica, sendo esta a primeira aplicação dentre outras que ocorrerão. Neste contexto, este estudo se apresenta como o primeiro passo de muitos outros ainda por vir, onde decidiu-se dar um pequeno primeiro passo para iniciar o ciclo de padronização do trabalho com base na melhoria contínua. Assim sendo, o presente trabalho visa implantar o trabalho padronizado no cenário descrito acima, com foco na produtividade.

### 1.3 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

De acordo com o contexto de mercado apresentado anteriormente, as empresas estão cada vez mais se adaptando às exigências que estão sendo impostas. Sendo assim, uma grande parcela está abandonando o sistema de produção em massa, que já não garante mais a sua permanência competitiva neste novo cenário de mercado e está iniciando a sua inserção ao sistema de manufatura enxuta.

Algumas empresas alcançam resultados exemplares, utilizando as novas ferramentas do sistema enxuto. Porém, pode-se observar que mesmo depois de aplicado um considerável esforço, tempo e dedicação para o novo sistema produtivo, outras empresas não conseguem alcançar os objetivos almejados ou simplesmente não conseguem mantê-los por um longo período de tempo. Segundo Womack & Jones (2004) algumas empresas concentram-se na busca da melhoria centrada apenas nos processos, podendo não existir a visão de cadeia de valor.

Principalmente nas empresas de grande porte verifica-se a tendência de priorizar as máquinas e a automação, busca-se a melhoria nos processos e as pessoas são deixadas de lado, como se as máquinas fossem as únicas responsáveis por todo o processo produtivo.

A Toyota desenvolveu e aperfeiçoou o sistema de manufatura enxuta, que é representado pela Figura 1.1, denominada “Casa do Sistema Toyota de Produção”. Nesta figura pode-se identificar os grandes pilares da manufatura enxuta:

- ***Just in Time***: Com as ferramentas de fluxo contínuo, *takt time* e sistema puxado, que significa produzir apenas no momento em que o produto for necessário, não antes para não criar estoques e nem depois, para não deixar clientes insatisfeitos; e
- ***Jidoka***: Também chamado de autonomia ou automação inteligente, foca na separação do trabalho do homem e da máquina pela automação de um elemento a baixo custo. As máquinas são dotadas de dispositivos mecânicos, elétricos e eletrônicos que acusam qualquer anormalidade e fazem a máquina parar, evitando assim produzir com defeito. Ou seja, o *Jidoka* pode ser interpretado como controle autônomo de defeitos, apoiando o *Just in Time* por não permitir que unidades defeituosas de um processo precedente sigam o fluxo e atrapalhem um processo subsequente (SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2002).

Além dos pilares de sustentação, a “casa” possui como base o nivelamento da produção (*Heijunka*), o trabalho padronizado e a melhoria contínua (*Kaizen*). Estes três elementos formam a sustentação para alcançar a estabilidade. Por fim, no telhado da casa está alguns dos objetivos do sistema Toyota de produção, como maior qualidade, menor custo e menor *lead time*.



Figura 1.1 - Casa do Sistema Toyota de Produção. Fonte: Adaptado de Léxico Lean (2007).

Para Taiichi Ohno (1997):

Os elementos a se considerar no trabalho padrão são: operário, máquina e materiais, se não houver a combinação efetiva, os operários se sentirão alienados e incapacitados de produzir com eficácia. Os padrões não devem ser estabelecidos de cima para baixo, e sim pelos próprios operadores da produção. Somente quando o sistema da planta é considerado como um todo, que os padrões para cada departamento de produção tornam-se livres de defeitos e flexíveis.

Assim sendo, pode-se facilmente visualizar que algumas empresas estão fazendo uso apenas de ferramentas isoladas, implantando pontos de melhorias apenas onde pensam ser necessário, ou mais urgente. Nestes casos,   possível obter um ganho por um pequeno período de tempo, mas não   possível sustentar o resultado ou alcançar a melhoria contínuas. Já é sabido que para conseguir resultados sólidos e consistentes, deve-se utilizar a produção enxuta como um sistema e não apenas como ferramentas isoladas.

Como na construção de um prédio, a base sólida é muito importante para a sua sustentação. O mesmo acontece na manufatura

enxuta, para conseguir um sistema eficiente, robusto e funcional, deve-se iniciar a sua implantação pela base, dando considerável importância para a correta utilização de suas ferramentas e só então, depois de possuir a base bem estruturada, partir para a construção de suas paredes e finalmente o telhado.

Tendo em vista que o trabalho padronizado é uma ferramenta base da manufatura enxuta e que quando bem utilizada é a sustentação para implantação de outras ferramentas; além de que frequentemente as ferramentas de base não recebem a atenção necessária, esta pesquisa apresenta como proposta o estudo do método de trabalho padronizado e a sua implantação, buscando estabilidade e transparência no sistema, bem como a redução de perdas, melhorias no processo e aumento de produtividade.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo Geral**

Implantação e avaliação de um método para aumentar a produtividade através da utilização do trabalho padronizado em uma empresa do setor automotivo.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Levantamento das atividades efetuadas ao longo do processo produtivo;
- Avaliação e eliminação de desperdícios nestes processos;
- Coleta e análise de dados para implantação do estudo de tempos e movimentos;
- Criação de padrões para a produção;
- Caracterização da produtividade.

## 1.5 METODOLOGIA DA PESQUISA

### 1.5.1 Classificação da Pesquisa

Seguindo os conceitos da metodologia científica, o presente trabalho pode ser classificado de acordo com sua natureza, objetivos e procedimentos técnicos, descritos a seguir.

Quanto à natureza, esta pesquisa apresenta como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática visando a solução de problemas específicos. Assim sendo, segundo Silva & Menezes (2001) a pesquisa é classificada de acordo com a natureza, como pesquisa aplicada.

De acordo com os objetivos, esta pesquisa caracteriza-se como pesquisa exploratória. A pesquisa exploratória apresenta como finalidade proporcionar maior familiaridade com o problema, a fim de torná-lo mais explícito ou de construir hipóteses (GIL, 2002). Andrade (2004) afirma que por meio da pesquisa exploratória, avalia-se a possibilidade de desenvolver um bom trabalho, estabelecendo-se critérios a serem adotados, métodos e técnicas adequadas.

Por fim, segundo os procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como pesquisa-ação. A pesquisa-ação é caracterizada por ser realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, onde o pesquisador e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (GIL, 2002). Seguindo as idéias de diversos autores (Kemmis e McTaggart, 1988; Dick, 1998; O'Brien, 1998), a pesquisa-ação procura uma mudança para melhor.

Assim, os seus principais objetivos são:

Melhorar:

- A prática dos participantes;
- A sua compreensão dessa prática; e
- A situação onde se produz a prática.

E envolver:

- A participação dos integrantes do processo;
- A organização democrática da ação; e
- O compromisso dos participantes com a mudança.

### **1.5.2 Fases da Metodologia de Pesquisa**

Pode-se dividir o processo de pesquisa-ação em quatro principais etapas: fase exploratória, fase principal, fase de ação e fase de avaliação (THIOLLENT, 1997). Esta proposição de divisão em quatro etapas é adotada para a realização desta pesquisa com o objetivo de definir e acompanhar a implantação da ferramenta de trabalho padrão em uma empresa do setor automotivo, com foco na produtividade.

#### **Fase Exploratória**

Na primeira etapa do processo de pesquisa-ação o pesquisador identifica e define o problema, estabelecendo as possibilidades de diversas ações para solucioná-lo. Esta etapa apresenta como objetivo divulgar estas propostas e obter o comprometimento dos participantes e interessados.

Assim sendo, nesta primeira etapa houve uma reunião entre a pesquisadora e a empresa participante do estudo, onde se definiu o problema na empresa e a equipe de trabalho responsável para efetuar o estudo, a fim de solucionar este problema. O problema definido foi a necessidade de aumento da produtividade em um setor da empresa e o escopo do trabalho foi decidido como a implantação da ferramenta de trabalho padronizado, com foco na produtividade.

#### **Fase Principal (Planejamento)**

A fase principal compreende a centralização de informações provenientes de diversas fontes. No presente trabalho a reunião de informações se deu através de um levantamento bibliográfico realizado a partir de livros, teses e dissertações, artigos e periódicos. Assim foi possível obter maiores conhecimentos acerca do assunto da pesquisa. Nesta mesma etapa e por meio do levantamento de dados na empresa, foi possível reunir informações a fim de aplicar a ferramenta objeto do estudo.

#### **Fase de Ação**

A fase de ação engloba medidas práticas baseadas nas etapas anteriores. Nesta etapa ocorre a implantação da ferramenta de trabalho

padronizado na empresa participante do estudo, no setor onde o problema de produtividade foi detectado, buscando a solução do problema levantado anteriormente. São elaboradas propostas e realizadas simulações que após avaliação, poderão ser adotadas como novo padrão utilizado pela empresa.

### **Fase de Avaliação**

Esta etapa final do processo de pesquisa-ação apresenta dois objetivos principais: verificar os resultados das ações no contexto organizacional da pesquisa e extrair ensinamentos que serão úteis para continuar a experiência e aplicá-la em estudos futuros. Usualmente inclui-se nesta etapa uma avaliação do processo, dos resultados alcançados e da aprendizagem teórica.

Assim sendo, são analisados os resultados obtidos com a aplicação da ferramenta de trabalho padronizado na empresa, em contraste com o objetivo inicial de aumento da produtividade. Além disso, com o conhecimento obtido através deste estudo são propostos pontos interessantes para trabalhos futuros. Esta fase é finalizada com a elaboração e por fim a apresentação desta dissertação.

## **1.6 RELEVÂNCIAS E CONTRIBUIÇÕES**

A pesquisa sobre o trabalho padronizado tem importância tanto do lado acadêmico, quanto do lado industrial, visto o crescente interesse sobre manufatura enxuta tanto por parte das empresas como por parte dos estudantes.

Sob o ponto de vista acadêmico, este trabalho visa contribuir com o levantamento bibliográfico sobre a manufatura enxuta e sobre a ferramenta de trabalho padronizado, preenchendo assim uma lacuna existente, devido ao pouco esforço despendido com o trabalho padronizado no meio acadêmico até o presente, até mesmo pelo fato de se tratar de um assunto relativamente novo sendo estudado.

Do ponto de vista industrial, o trabalho visa colaborar com a estabilidade do sistema operacional, criando padrões de trabalho e documentação, a fim de gerar transparência no processo, facilitar a detecção de problemas, diminuição das perdas e gerar o início do ciclo de melhorias contínuas, auxiliando a empresa a obter ganhos de



qualidade e produtividade, melhorando seus resultados e aumentando assim a competitividade.

## 1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Com base na pesquisa realizada, a dissertação está estruturada em 5 capítulos para melhor entendimento dos conteúdos apresentados, de acordo com a seguinte divisão:

**Capítulo 1 – Introdução:** O primeiro capítulo apresenta uma visão geral do trabalho e define o contexto, a justificativa, os objetivos gerais e específicos da pesquisa, suas relevâncias e contribuições.

**Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica:** Neste capítulo é exposta a revisão da literatura referente à manufatura enxuta e seus principais aspectos, bem como do trabalho padronizado e de conceitos importantes para o entendimento e para a implantação da ferramenta.

**Capítulo 3 – Estudo de caso:** Após a revisão da literatura, o terceiro capítulo apresenta a empresa, a caracterização do sistema produtivo estudado e do produto onde a pesquisa foi realizada. Também é apresentado o método de trabalho padrão utilizado na empresa e em seguida os passos para aplicação do método.

**Capítulo 4 – Análise dos dados:** Este capítulo apresenta os dados obtidos com a implantação da ferramenta de trabalho padronizado, bem como os resultados adquiridos com o trabalho e os resultados referentes à produtividade.

**Capítulo 5 – Conclusões:** O último capítulo apresenta as considerações finais da dissertação, as conclusões obtidas a partir dos resultados da pesquisa. Também são citadas recomendações para trabalhos futuros.



## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 MANUFATURA ENXUTA**

A manufatura enxuta tem se destacado com a aplicação de suas ferramentas e técnicas, como uma maneira eficiente para atender às exigências do mercado de ciclos de produção mais curtos, menores tempos de entrega, maior variedade de produtos e respostas rápidas às flutuações nas demandas, como citado por Lemos *et al.* (2005). A manufatura enxuta procura atender as necessidades dos clientes no menor prazo possível, com a mais alta qualidade e com baixo custo, sendo assim, se apresenta como um sistema de produção mais eficiente, flexível, ágil e inovador, mais habilitado a enfrentar um mercado em constante mudança.

Um dos objetivos principais do sistema enxuto é a eliminação dos desperdícios ao longo do sistema produtivo, ou seja, eliminar os pontos que geram custos, porém não agregam valor ao produto (SHINGO, 1996). Segundo Womack & Jones (2004), os desperdícios são classificados como: superprodução, espera, transporte excessivo, processamentos inadequados, inventários desnecessários, movimentações desnecessárias e produtos defeituosos. Para alcançar seus objetivos algumas técnicas são adotadas, entre as principais pode-se destacar as células de manufatura, o fluxo contínuo de peças, o trabalho padronizado, a utilização de mecanismos para a prevenção de falhas, sistemas para troca rápida de ferramentas, entre outras.

#### **2.1.1 História da Manufatura Enxuta**

Com o passar dos anos, os sistemas de fabricação foram sofrendo mudanças e sendo aperfeiçoados de acordo com as necessidades dos seres humanos. Inicialmente, os produtos eram fabricados por artesãos, com ferramentas simples e flexíveis, onde a qualidade dependia exclusivamente de quem o fabricava e podendo ser feito apenas uma quantidade limitada de produtos, pouco padronizados. Este sistema é conhecido como produção artesanal, que apesar de ser um processo lento e caro apresentava pontos positivos como a diversidade de tarefas, pois o artesão conhecia todo o conteúdo de trabalho desde o projeto até

o produto final e executava tarefas diferenciadas. Além de gerar satisfação de quem executava ainda oferecia chances de crescimento, podendo o artesão chegar a ter ser próprio negócio ou ser fornecedor de peças. Entretanto, como já mencionado, apresentava baixa produtividade e custos elevados, não conseguindo acompanhar as mudanças de mercado que pediam a redução de preços e aumento de demanda.

Com a chegada da Revolução Industrial e a propagação de fábricas pelo mundo, especialmente após a invenção da máquina a vapor por James Watt em 1764 e com a formalização do conceito de divisão do trabalho por Adam Smith em 1746, o trabalho artesanal foi sendo gradativamente substituído pelo trabalho mecanizado. Os custos dos produtos artesanais não podiam competir com os custos dos produtos industriais, de modo que a grande maioria dos artesãos e seus funcionários passaram a trabalhar nas fábricas (LOURENÇO, 2002).

A transformação da produção artesanal, em produção em massa foi liderada pelos americanos Henry Ford (*Ford Motor Company*) e Alfred Sloan (*General Motors*). A determinação de Henry Ford para aumentar a produção e reduzir os preços dos produtos a fim de atingir outras classes sociais e gerar o crescimento do mercado automobilístico, fez com que ele investisse em dois fatores até então não explorados, que eram a intercambiabilidade de peças na linha de montagem e a sua facilidade de ajustes e de montagem (WOMACK, JONES & ROOS, 1992).

Em 1913, pela primeira vez, Ford fez a experiência de mover um carro ao longo de um percurso, onde os trabalhadores e materiais aguardavam sua chegada. Essa experiência resultou na primeira linha de montagem móvel e reduziu consideravelmente o tempo de ciclo. A produção em massa, representada pela linha de montagem de Henry Ford, ganhou força devido à necessidade de produzir em maiores volumes, com menores custos, onde são utilizadas máquinas especializadas em uma única tarefa (equipamento dedicado, podendo ser caro e pouco versátil), o trabalho é especializado (divisão do trabalho), produzindo produtos com alto volume, que consequentemente exigem grandes quantidades de estoques.

Os ganhos da produção em massa determinaram a orientação da indústria automobilística, sendo adotada em quase toda atividade industrial na Europa e América do Norte (WOMACK, JONES & ROOS, 1992). Ao mesmo tempo em que a produção em massa trouxe

grandes benefícios para as indústrias, também trouxe uma série de problemas como: a monotonia no trabalho, pela simplificação das tarefas e redução do tempo das operações; baixa flexibilidade das linhas para produzir novos produtos, pela alta especialização das máquinas; a produção baseada em economia de escala, limitando a variedade de produtos produzidos, pois somente apresentava viabilidade econômica na medida em que a produção de um mesmo produto crescia (SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2002).

Os conceitos da produção em massa mantiveram-se absolutos por um longo período, até que os consumidores começaram a demandar uma maior variedade de produtos e exigir cada vez mais qualidade, fazendo com que um novo conceito de produção promovesse a segunda grande transformação de como produzir bens (ZIMMERMANN et al, 2000). Esta nova filosofia teve origem no Japão, na década de 1950, mais especificamente na *Toyota Motor Company*, onde em um cenário pós-guerra os recursos eram limitados e havia a necessidade de produtos diversificados em pequenas quantidades.

Em 1950 o presidente da Toyota, Eiji Toyoda e o engenheiro Taiichi Ohno passaram três meses no complexo da Ford em River Rouge – Michigan, e ao voltarem ao Japão concluíram que nem o sistema de produção em massa, nem o sistema artesanal poderiam ser utilizados com a realidade japonesa. O Japão apresentava muitos problemas, seu mercado era pequeno e demandava grande variedade de veículos, como carros de luxo para as autoridades, carros pequenos para as cidades lotadas, caminhões pequenos e grandes para os agricultores e indústria. Além disso, a força de trabalho japonesa não queria ser tratada como um custo variável e o Japão não possuía trabalhadores temporários (normalmente imigrantes, como acontecia no ocidente). Para a Toyota era preciso adaptar os sistemas produtivos e criar um novo com características diferentes, surgindo assim o Sistema Toyota de Produção (STP), que também é conhecido como manufatura enxuta (WOMACK, JONES & ROOS, 1992).

A manufatura enxuta é vista como um sistema produtivo integrado, com foco no fluxo de produção, produção em pequenos lotes, conduzindo a um nível reduzido de estoques. Esta combina as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando o alto custo da primeira e a rigidez da última. Este novo sistema de produção não apenas maximiza a eficiência, como maximiza a flexibilidade, sendo mais ágil, inovador e capaz de enfrentar melhor as mudanças de mercado. Emprega equipes

de operadores multifuncionais em todos os níveis da organização, além de máquinas flexíveis e automatizadas para produzir um grande volume de produtos e uma ampla variedade (WOMACK & JONES, 2004). A Tabela 2.1 representa as principais diferenças entre os sistemas produtivos descritos acima, produção artesanal, em massa e enxuta.

	ARTESANAL	EM MASSA	ENXUTA
<b>PRODUTO</b>	Individualizado	Padronizado	Modularizado
<b>VARIEDADE</b>	Alta	Baixa	Alta
<b>PRODUÇÃO</b>	Encomenda	Empurrada	Puxada
<b>VOLUME PRODUZIDO</b>	Baixo	Foco no volume (alto)	Alto, se existir demanda
<b>FERRAMENTAS</b>	Simples e flexíveis	Grandes e pouco versáteis	Flexíveis
<b>QUALIDADE</b>	Na medida do possível	Na inspeção	Na fonte
<b>TRABALHADOR</b>	Altamente especializado	Semi qualificado, trabalho monótono	Qualificado e multifuncional
<b>CUSTO</b>	Alto	Baixo	Mais baixo ainda

Tabela 2.1 - Comparação entre as produções artesanal, em massa e enxuta.

Fonte: Elaborado pela autora (2009).

### 2.1.2 Princípios da Manufatura Enxuta

Um dos principais objetivos da manufatura enxuta é atender o cliente, com qualidade perfeita e sem nenhum tipo de desperdício. Cusumano (1994) destaca uma série de princípios para caracterizar a manufatura enxuta, dentre os quais, pode-se destacar:

- Menores lotes de produção;
- Minimizar a quantidade de estoques intermediários;
- Demanda puxada por cartões *Kanban*;
- Nivelamento da produção;
- Redução do tempo de preparação das máquinas (*setup*);

- Padronização do trabalho;
- Operadores multifuncionais;
- Melhoria contínua do processo;
- Desenvolvimento de sistemas à prova de falhas (*poka-yoke*).

Segundo Liker (2005):

Para ser uma indústria enxuta, é preciso um modo de pensar que se concentre em fazer o produto fluir através de processos ininterruptos de agregação de valor (fluxo unitário de peças), um sistema puxado que parta da demanda do cliente, reabastecendo somente o que a operação seguinte for consumir em curtos intervalos, e uma cultura em que todos lutem continuamente para a melhoria.

De acordo com Womack & Jones (2004), a manufatura enxuta se apresenta como uma maneira superior de o ser humano produzir bens, resultando em melhores produtos, com uma variedade maior e custo menor. O trabalho também é mais desafiador e gratificante para os empregados em todos os níveis. A produção enxuta é mais eficiente porque exige menor utilização de recursos (como estoque, espaço físico e tempo), aproveita mais as capacidades intelectuais e é capaz de atender melhor as mudanças e gostos individuais dos consumidores, oferecendo maior variedade e reduzindo o ciclo de vida dos produtos. Para sustentar estas qualidades, o sistema enxuto possui cinco princípios básicos que serão apresentados a seguir:

### **Especifique o Valor**

O primeiro passo a ser dado para o pensamento enxuto é a especificação de valor. O valor do produto deve ser especificado a partir do cliente final e só pode ser criado pelo produtor. Para tanto, o produto deve atender às necessidades do cliente, com um preço específico e entregue no prazo requerido pelo cliente. Assim, especificar o valor com precisão é o primeiro passo, oferecer o bem ou serviço errado da forma certa é desperdício.

## **Identifique o Fluxo de Valor**

A cadeia ou fluxo de valor é o conjunto de todas as ações necessárias para levar um produto desde a concepção da idéia, até as mãos do cliente. E este é o próximo passo no pensamento enxuto, que quase sempre expõe quantidades enormes de desperdício. A análise do fluxo de valor mostra que podem ocorrer três situações ao longo das etapas produtivas: (1) Etapas que criam valor, como uma máquina processando uma peça. (2) Etapas que não criam valor, mas que são inevitáveis, como a inspeção das peças para garantir a qualidade. E (3) etapas adicionais que não agregam valor e devem ser eliminadas. Identificar e mapear com precisão o fluxo de valor completo do produto é fundamental para enxergar os desperdícios em cada processo e implantar ações para eliminar tais desperdícios, criando assim um novo fluxo de valor otimizado (ROTHER & SHOOK, 2003).

## **Fluxo**

Neste ponto, o valor já foi identificado de acordo com o cliente, a cadeia de valor do produto foi mapeada e os desperdícios encontrados foram eliminados. O passo seguinte do pensamento enxuto é fazer com que o fluxo de valor otimizado (ou seja, o que realmente cria valor) flua até a chegada do produto ao cliente final. Para tanto, são redefinidos as funções e os departamentos, permitindo que estes contribuam para a criação de valor para o cliente. De acordo com Womack & Jones (2004), as coisas funcionam melhor quando o foco está no produto e em suas necessidades, e não na organização ou nos equipamentos, de modo que todas as atividades necessárias para se projetar, pedir e fornecer o produto ocorrem em um fluxo contínuo (e não em lotes).

## **Puxar**

Com a introdução do fluxo de valor a primeira mudança a ser notada é a diminuição do tempo necessário para se passar da concepção ao lançamento do produto, da venda à entrega, da matéria prima às mãos do cliente final, ocorre também uma visível redução dos insumos empregados. Quando se tem o valor do produto focado no cliente e o fluxo de valor fluindo, a produção passa a ser puxada pelo cliente final e não pelos próprios processos que geram tempos de espera e estoques



desnecessários. Ou seja, deve-se deixar que o cliente puxe o produto quando necessário, em vez de empurrar os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente.

## **Perfeição**

À medida que as empresas começarem a especificar valor com precisão, identificarão o fluxo de valor total, que fizerem com que os passos para a criação de valor fluam continuamente e deixem que os clientes puxem o valor, certamente ocorrerá um aumento na produtividade e uma redução de custos. Ao intensificar a aplicação dos princípios de forma interativa, surgem novos desperdícios e novos obstáculos ao fluxo de valor, criando-se oportunidades de melhoria e permitindo sua eliminação. Trata-se de um processo contínuo de aumento de eficiência, em busca da perfeição.

## **2.2 CONCEITO E TIPOS DE DESPERDÍCIOS**

De acordo com Black (1998), o desperdício é todo e qualquer recurso gasto na execução de um produto ou serviço além do estritamente necessário (como por exemplo: matéria-prima, tempo e energia). É um dispêndio extra que aumenta os custos do produto ou serviço sem trazer qualquer tipo de benefício para o cliente.

Shingo (1996) afirma que o sistema Toyota de produção é baseado na eliminação contínua e sistemática dos desperdícios nos sistemas produtivos, visando a eliminação de custos desnecessários. De acordo com Womack, Jones & Roos (1992), o executivo Taiichi Ohno identificou e classificou os principais tipos de desperdício, que serão apresentados a seguir. Estes são classificados em sete tipos primários, que podem conduzir a desperdícios secundários. Como exemplo, o caso de altos estoques que provoca a necessidade extra de material e mão-de-obra, gerando custos indiretos, como de energia.

## **Superprodução**

Significa produzir antecipadamente ou em quantidade maior do que o necessário. O sistema Toyota de produção diz que se deve produzir peças ou produtos exatamente na quantidade requerida, quando requerida, e não antes disso.

Além disso, os equipamentos tendem a ser utilizados dentro do maior limite de seu aproveitamento. Porém se isto for feito sem considerar a demanda, ocorrerá uma superprodução, quando são produzidos peças ou produtos que podem não ser vendidos, gerando estoque. A superprodução ainda gera a impressão de que todos estão ocupados, trabalhando e que as atividades fluem normalmente, a realidade é que elevados volumes distorcem a verdade e mascaram os problemas que podem vir à tona, quando os excessos são eliminados.

A superprodução tende a esconder problemas de produção ou defeitos e produções ineficientes e pode gerar outros desperdícios, como estoques elevados, necessidade de utilização de maior espaço, desmotivação das equipes quanto à produtividade, compras de materiais em duplicidade (assim como danos aos produtos e materiais armazenados), gastos em excesso com energia e utilidades, além de movimentações desnecessárias.

## **Tempo de Espera**

Este tipo de desperdício pode ser encontrado de diferentes formas: quando o operador fica simplesmente sem ter o que fazer (como quando mão de obra é utilizada em ciclos automáticos de máquinas, os operadores assistem as máquinas trabalharem sem desenvolver atividades paralelas), ou quando operadores esperam por peças, materiais ou informações, são exemplos de atividades que em nada agregam valor. Geralmente este tipo de desperdício resulta em quebra no fluxo e em *lead times* longos. Menos óbvio que os exemplos citados é a quantia de tempo de espera que ocorre quando operadores estão ocupados produzindo estoque em processo, que não é necessário naquele momento (SLACK, CHAMBERS & JOHNSTON, 2002).

## **Transporte Excessivo**

É o desperdício proveniente do movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia. Muitos processos são desenhados com distâncias definidas entre as máquinas, a movimentação de material entre as máquinas força o operador a deixar seu posto de trabalho para executar o transporte e consequentemente produzir um desperdício. Ao planejar as estações de trabalho é necessário que se observe a localização, que deverá ser o mais próximo possível das operações simultâneas requeridas pelos produtos.

Segundo Slack, Chambers & Johnston (2002), o transporte é somente uma movimentação de produtos, o que não agrega nenhum valor direto a eles. Esta é a razão pela qual o transporte deve ser evitado, a menos que seja utilizado para o fornecimento da quantidade certa, na hora certa, no lugar certo, de acordo com a solicitação.

## **Processos Inadequados**

São as fontes de desperdício no próprio processo, quando operações extras (possivelmente não necessárias) são introduzidas. Por exemplo, a existência de algumas operações, componentes ou manutenção que poderiam ser melhorados, ou ainda a utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos. Modificações nestas estruturas podem facilitar operações, ou mesmo extingui-las.

Este tipo de desperdício é gerado pelo fato de acrescentar ao processo mais trabalho ou esforço do que o requerido pelas especificações dos clientes. O valor deve ser criado pelo produtor e o cliente deve enxergá-lo e querer pagar por ele. Dessa forma, o pensamento enxuto deve começar com uma tentativa consciente de definir precisamente o valor, em termos de produtos específicos, com capacidades específicas, oferecidas a preços específicos, por meio do diálogo com clientes específicos (WOMACK & JONES, 2004).

## **Movimentação Desnecessária**

Este tipo de desperdício ocorre quando são realizados movimentos durante o trabalho que não agregam valor ao produto, como procurar ou caminhar para pegar uma ferramenta. Geralmente está

relacionado com a desorganização do ambiente de trabalho, resultando em baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e perda frequente de itens. As movimentações dentro do setor produtivo devem ser aquelas necessárias para o processamento de atividades, ou seja, as atividades que diretamente agregam valor ao produto. Muitas vezes, essas movimentações desnecessárias podem ser reduzidas, agrupadas ou até mesmo eliminadas. O ideal para a produção é que as atividades de movimentação sejam realizadas sem comprometimento do ciclo produtivo e do rendimento do operador.

### **Produtos Defeituosos**

Pode ser interpretado como a produção de itens defeituosos ou que necessitam de retrabalho. Custos de recuperação ou mesmo a perda total do manuseio, tempo, esforço e material, são consequências deste tipo de desperdício, outro ponto importante a ser considerado é o elevado risco de perder clientes.

Segundo a manufatura enxuta os produtos devem ser manufaturados de forma correta, logo na primeira vez, caso contrário está adicionando tarefas desnecessárias para sua finalização. Dentre as perdas pode-se citar energia, tempo de uso do equipamento, mão-de-obra e outros que acrescentarão custos para a correção do defeito encontrado. Para evitá-lo, o processo produtivo deve ser desenvolvido de maneira que previna a ocorrência de defeitos, visando a eliminação das atividades de inspeção.

### **Estoque Desnecessário**

É o armazenamento excessivo (ligado à superprodução) e falta de informações ou produtos, resultando em custos excessivos. De acordo com Slack, Chambers & Johnston (2002), os estoques existem porque o fornecimento e a demanda não estão em harmonia um com o outro, ou seja, existe uma diferença de ritmo entre o fornecimento e a demanda de recursos materiais.

O estoque também é gerado quando ocorre excesso de fornecimento de material entre os processos (WIP), ou muito material é entregue pelos fornecedores, com o intuito de abastecer a fábrica. O estoque implica em dinheiro parado, pois exige capital de giro para sua manutenção, gera custo e perdas. O estoque funciona como uma

garantia contra emergências, mas grandes estoques dificultam o acesso, aumentam o custo de estocagem e ainda ocupam áreas que poderiam ser usadas para atividades produtivas.

Outro problema gerado pelos grandes estoques é que estes encobrem a realidade das empresas, tornando cada vez mais difícil a identificação dos problemas existentes. Quando ocorrem problemas com as peças de fornecedores, também fica mais difícil identificar a verdadeira causa do problema, para que ações corretivas sejam tomadas.

Dentro desse contexto, Hines & Taylor (2000) afirmam que quando se trata de desperdício é comum definir três diferentes tipos de atividades quanto à sua organização:

- **Atividades que agregam valor:** São atividades que, aos olhos do consumidor final, agregam valor ao produto ou serviço. Ou seja, atividades pelas quais o consumidor está disposto a pagar.
- **Atividades que não agregam valor:** São atividades que, aos olhos do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço e que são desnecessárias em qualquer circunstância. Estas atividades são nitidamente desperdícios e devem ser eliminadas a curto e médio prazo.
- **Atividades que não agregam valor, mas são necessárias:** São atividades que, aos olhos do consumidor final, não agregam valor ao produto ou serviço, mas que são necessárias para o processo de produção ou para a finalização do serviço. São desperdícios difíceis de serem eliminados em curto prazo, e que portanto, para serem reduzidos ou eliminados necessitam de um tratamento em longo prazo.

De acordo com as atividades acima relacionadas, pode-se visualizar que existem grandes oportunidades para redução dos desperdícios. Tradicionalmente, o foco dos programas de melhoria é dado às atividades que agregam valor. Os princípios da manufatura enxuta, por outro lado, direcionam os esforços às atividades que não agregam valor, uma vez que elas correspondem à maior parte do tempo despendido pelas organizações. A Figura 2.1 apresenta uma representação da situação descrita acima, onde AV significa atividades que agregam valor e ANV atividades que não agregam valor.

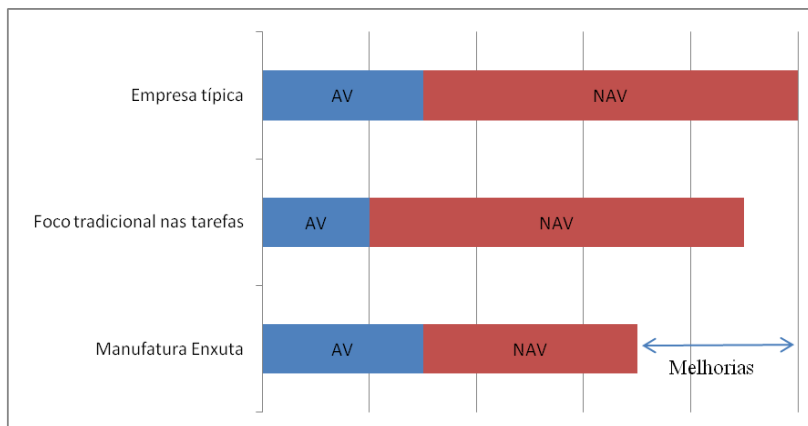


Figura 2.1 - Diagrama comparativo da abordagem tradicional de melhorias e da manufatura enxuta. Fonte: Adaptado de HINES & TAYLOR (2000).

Pode-se perceber na barra central, que quando o foco é dado às atividades que agregam valor, os desperdícios continuam presentes nas atividades que não agregam valor, havendo assim apenas uma pequena melhoria nas atividades. Já na barra de manufatura enxuta, onde os desperdícios atacados foram nas atividades que não agregam valor, as atividades que agregam valor continuaram com a mesma mensuração, diminuindo as atividades que não agregam valor e resultando em uma melhoria consistente no processo.

Com a identificação e o entendimento dos tipos de desperdícios, a próxima etapa é a eliminação dos mesmos. Onde as atividades classificadas como desperdícios devem ser eliminadas, as atividades que não agregam valor, porém são necessárias, devem ser minimizadas e as atividades que realmente agregam valor, devem ser otimizadas. Assim, no sistema enxuto tudo o que não agrega valor ao produto, visto sob os olhos do cliente, é desperdício. Todo desperdício apenas adiciona custo e tempo. Todo desperdício é o sintoma e não a causa do problema (OHNO, 1997).

## 2.3 TRABALHO PADRONIZADO

### 2.3.1 A Administração Científica como Base para o Trabalho Padronizado

A administração científica é um modelo de administração criado pelo americano Frederick Winslow Taylor entre os séculos XIX e XX. Este modelo é baseado na aplicação do método científico na administração e apresenta como objetivo garantir o melhor custo/benefício aos sistemas produtivos.

Taylor procurava uma forma de elevar o nível de produtividade conseguindo que o trabalhador produzisse mais em menos tempo, sem elevar os custos de produção. Para tanto, observou os problemas dos sistemas administrativos, que podem ser encontrados em algumas empresas até hoje (MAXIMIANO, 2000). Por exemplo:

- A administração não tinha noção clara da divisão de suas responsabilidades com o trabalhador;
- Não havia incentivos para melhorar o desempenho do trabalhador;
- Muitos trabalhadores não cumpriam suas responsabilidades;
- As decisões dos administradores baseavam-se na intuição e no palpite;
- Não havia integração entre os departamentos da empresa;
- Alguns trabalhadores eram colocados em tarefas para as quais não tinham aptidão;
- Os gerentes pareciam ignorar que a excelência no desempenho significava recompensas tanto para eles próprios quanto para a mão-de-obra;
- Havia conflitos entre capatazes e operários a respeito da quantidade da produção.

Taylor procurou resolver esses problemas e através de suas observações e experiências desenvolveu um sistema de administração de tarefas, também chamado de sistema de Taylor, Taylorismo e, finalmente, administração científica. Neste sistema Taylor propõe a racionalização do trabalho através do estudo dos tempos e movimentos,

onde o trabalho deveria ser decomposto em operações simples, analisado e testado cientificamente. A partir deste ponto define-se uma metodologia a ser seguida por todos os trabalhadores com a padronização do método e das ferramentas utilizadas, a fim de ganhar tempo, aumentar a produção e consequentemente os lucros da empresa (PEINADO & GRAEML, 2007).

O problema era que os trabalhadores achavam que seu esforço beneficiava somente os chefes, assim sendo eles não se empenhavam na realização do trabalho, além disso, a forma de pagamento endossava a crença. Com esse cenário surgiu a possibilidade dos trabalhadores terem participação nos lucros, ganhar bônus da empresa e aumento de salário. Taylor defendia que a remuneração do trabalhador deveria ser feita com base na produção alcançada, pois desta forma os trabalhadores teriam um incentivo para produzir mais. Foi proposto também que os trabalhadores deveriam ser escolhidos com base em suas aptidões para a realização de determinadas tarefas (divisão do trabalho) e então treinados para executarem da melhor forma possível e em menos tempo.

De acordo com o exposto acima, pode-se sintetizar os princípios fundamentais da administração científica, que estão descritos a seguir (COELHO & GONZAGA, 2007):

- **Princípio de planejamento:** Deve haver a substituição dos métodos empíricos por procedimentos científicos, o trabalho deve ser planejado e testado, seus movimentos decompostos a fim de reduzir e racionalizar sua execução.
- **Princípio de preparo dos trabalhadores:** Os trabalhadores devem ser selecionados de acordo com as suas aptidões e então, devem ser preparados e treinados para produzirem mais e melhor, de acordo com o método planejado para que atinjam a meta estabelecida.
- **Princípio de controle:** Deve-se controlar o desenvolvimento do trabalho para verificar se o mesmo está sendo realizado de acordo com a metodologia estabelecida e dentro das metas.
- **Princípio da execução:** Deve-se distribuir atribuições e responsabilidades para que o trabalho seja o mais disciplinado possível.



As técnicas utilizadas por Taylor para desenvolver seus princípios foram:

- Estudos de tempos e movimentos;
- Padronização de ferramentas e instrumentos;
- Padronização de movimentos;
- Cartões de instruções;
- Sistema de pagamento de acordo com o desempenho; e
- Cálculo de custos.

A administração científica foi tida como uma revolução mental e uma maneira das pessoas enfrentarem o trabalho de uma forma mais cordial, onde a produtividade é gerada através da eficiência e não da escravização do trabalhador, mas sim da inteligência de como se trabalha.

Os esforços de Taylor relacionados à administração científica evidenciam a busca constante pela produtividade com a máxima eficiência, fundamentados nos princípios de estudo dos tempos e movimentos, prêmios de produção, divisão de tarefas, padronização, desenho de cargos e tarefas e condições ambientais, entre outros. Pode-se perceber que mesmo com o passar do tempo os pontos evidenciados por Taylor ainda estão muito presentes nas organizações, principalmente nas empresas produtivas que buscam na produtividade um meio para se destacar no mercado (MARTINS & LAUGENI, 2006).

### **2.3.2 Conceito de Trabalho Padronizado**

O trabalho padronizado apresenta como finalidade documentar e controlar de acordo com padrões a execução de operações e tarefas indiretas, de modo a eliminar variações (desperdícios), permitindo melhorias contínuas. Além disso, auxilia a orientação do trabalho, fazendo com que se encontre um padrão entre turnos para ergonomia, qualidade, produtividade e segurança, diminuindo assim a variabilidade do processo.

Segundo Liker (2007) a criação de processos padronizados é baseada na definição, clareza (visualização) e utilização sistemática dos métodos definidos como padrões, que garantirão os melhores resultados possíveis. Assim sendo, a padronização não deve ser aplicada como uma

ferramenta isolada em intervalos específicos, pois é uma atividade contínua de identificação de problemas.

Já Zilstra (2008) cita que o trabalho padronizado determina como as tarefas devem ser executadas. É precedido de um estudo do conteúdo das tarefas e dos tempos necessários para realizá-las. Sendo a padronização imprescindível para distribuir a carga entre os recursos utilizados, bem como entre os trabalhadores, auxiliando no nivelamento de carga e no fluxo dos produtos.

Nishida (2007) diz que:

O conceito de padronização é utilizado na manufatura para manter a estabilidade nos processos, garantindo que as atividades sejam realizadas sempre numa determinada sequência e da mesma forma, num determinado intervalo de tempo e com o menor nível de desperdícios, conseguindo elevada qualidade e alta produtividade. É a base para realizar as futuras melhorias, eliminando mais desperdícios e encurtando ainda mais o *lead time*.

A Figura 2.2 exemplifica como a padronização do trabalho é importante para o processo de melhoria contínua. A curva tracejada representa a melhoria realizada com o trabalho padronizado, apresentando melhorias consistentes, onde a estabilidade das melhorias é assegurada, permitindo a melhoria contínua. Já a curva contínua representa a melhoria sem o uso do trabalho padrão, onde as melhorias são inconsistentes, os ganhos não são assegurados e as melhorias são repetitivas. Ou seja, sem padrões a melhoria não é contínua.

Segundo Silveira & Coutinho (2008) o trabalho padronizado pode apresentar ganhos mensuráveis e visíveis em produtividade, redução de falhas, redução do tempo das operações, regulamentação das funções e melhor organização do espaço físico, através da redução ou eliminação de desperdícios. É uma ferramenta simples da manufatura enxuta, que melhora a performance do trabalho dos envolvidos e permite um melhor gerenciamento dos recursos. Entretanto, apesar das vantagens, existe grande dificuldade para sua implantação devido à grande resistência às mudanças por grande parte das pessoas.

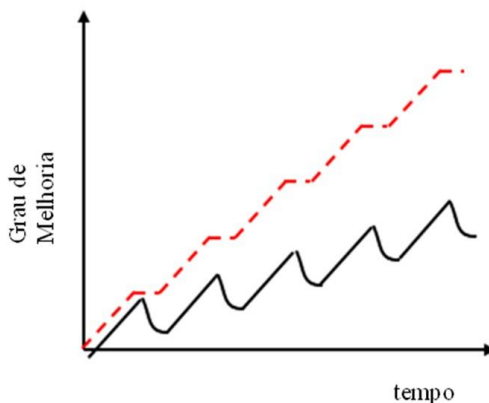


Figura 2.2 - Melhoria com Trabalho Padronizado *versus* sem padrão. Fonte: Apostila de treinamento da empresa (2008).

Conforme citado por Liker (2005), a tarefa mais crítica referente à padronização é achar o meio termo entre rígidos procedimentos a serem seguidos e liberdade para que os operadores possam inovar e serem criativos. Os primeiros padrões e instruções devem ser específicos o suficiente para serem guias úteis, e ainda generalistas o suficiente para permitir a flexibilidade e o fácil entendimento para qualquer pessoa que irá usá-lo.

Durante o processo de padronização é importante utilizar idéias dos próprios funcionários para aprimorar as instruções de trabalho, dando a oportunidade para eles contribuírem de forma efetiva na melhoria contínua do processo. As pessoas desejam poder assumir a responsabilidade por seus próprios recursos e querem sentir que estão dando uma contribuição pessoal para algo importante (LIKER, 2005). A participação na construção do trabalho padronizado funciona como estímulo para o operador seguir as instruções, pois o homem precisa de motivações para fazer um bom trabalho, tornando-se ineficiente se lhe faltar incentivo.

O trabalho padronizado é baseado nos seguintes elementos:

- *Takt time*, que é a taxa em que os produtos devem ser produzidos para atender à demanda do cliente;
- A sequência de trabalho que o operador realiza suas tarefas dentro do *takt time*; e

- O estoque padrão exigido para manter o processo operando suavemente (WIP).

A utilização desta ferramenta implica no desenvolvimento do melhor método para a execução de uma tarefa, na descrição do método e na padronização deste método, na confirmação quanto ao atendimento dos padrões e no gerenciamento em caso de desvio do padrão. Dentre as vantagens da padronização pode-se destacar os seguintes itens:

- Participação dos trabalhadores na elaboração da sequência de trabalho;
- Alta transparência nas sequências de trabalho;
- Facilidade no treinamento inicial de funcionários;
- Organização dos processos de trabalho;
- Diminuição dos erros;
- Garantia do padrão de qualidade;
- Base para o processo de melhoria contínua;
- Redução de *lead time*;
- Redução dos riscos ergonômicos e de segurança;
- Base para o planejamento de postos de trabalho; e
- Redução de desperdícios.

O trabalho padronizado pode ser aplicado em diferentes locais, desde o chão de fábrica até o escritório, como principais exemplos em uma indústria pode-se citar:

- **Na linha de produção:** Utilizado para conseguir o entrosamento e padronização da movimentação entre os postos de trabalho, baseado no *takt* do cliente;
- **Nos postos de trabalho:** Gera instrução dos movimentos a serem executados pelos operadores nos postos de trabalho, considerando também o entrosamento de movimentos das mãos;
- **No sistema de abastecimento:** Padronização do abastecimento das linhas de produção, a partir da rota de abastecimento, sincronizado entre diferentes setores;

- **No processo de *setup*:** Padronização das atividades de *setup* na linha de produção, visando o entrosamento das trocas entre os postos de trabalho.

Para verificar se o trabalho padronizado está sendo seguido utiliza-se o controle visual. O controle visual é utilizado no próprio ambiente de trabalho para demonstrar rapidamente quando houver desvios do padrão ou meta estabelecida. Também ajuda os operadores a realizar o trabalho de forma correta e igual ao procedimento padrão (RENÓ, 2008). Para Liker (2005), os controles visuais também devem incluir os desvios entre a meta e o realizado, exibidos de forma gráfica e que devem ser fixados em local de fácil visualização. O importante a ser observado é que quando qualquer pessoa andar pela empresa, esta deve ser capaz de identificar o padrão de trabalho, bem como se os procedimentos e metas estão sendo seguidos e alcançados.

Liker (2005) ainda ressalta que nas linhas de produção, o uso dos controles visuais, ou gerenciamento pela visão, torna-se obrigatório. Portanto, é necessário estabelecer um processo padronizado pelos quais as condições atuais se tornam rapidamente visíveis no local de trabalho permitindo que todos os funcionários visualizem imediatamente a situação normal ou anormal, bem como reconheçam a situação e tomem ações para retornar à condição padrão.

## 2.4 CONCEITOS RELACIONADOS COM O TRABALHO PADRONIZADO

O conceito de trabalho padronizado é utilizado na manufatura para conservar a estabilidade nos processos, garantir que as atividades sejam realizadas sempre em uma determinada sequência e em um determinado intervalo de tempo, buscando o mínimo de desperdício para alcançar elevada qualidade e alta produtividade.

O trabalho padrão gera ganhos mensuráveis na produção, na redução de falhas, na redução do tempo das operações, na regulamentação das funções e na melhoria da organização do espaço físico. Assim sendo, o conhecimento de alguns conceitos e ferramentas se faz necessário para viabilizar a análise dos tempos e a padronização das atividades.

### 2.4.1 Fluxo Contínuo

Fluxo contínuo significa produzir uma peça de cada vez ao longo de um processo ou cadeia de recursos, sem estocar material entre os processos. Ou seja, o processo anterior só faz a peça para o processo seguinte quando for solicitado, evitando assim a superprodução (ROTHER & HARRIS, 2002). A diferença entre produzir em lote e em fluxo contínuo pode ser observada através da Figura 2.3.

PROCESSOS ISOLADOS – FLUXO INTERROMPIDO



PROCESSOS AGRUPADOS – FLUXO CONTÍNUO

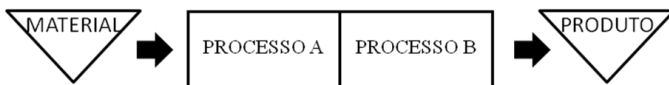


Figura 2.3 – Fluxo contínuo *versus* Fluxo interrompido. Fonte: Adaptado de Bouzon (2006).

Através da ilustração anterior pode-se perceber que o fluxo contínuo é a realização das tarefas ao longo da cadeia de valor, onde no caso ideal não ocorrem interrupções e refugos. O fluxo contínuo se apresenta como uma maneira mais eficiente para transformar material em produto acabado, apresentando como características:

- Utilização mínima de recursos. Devido ao fluxo, a quantidade de pessoas, máquinas, materiais, prédios, equipamentos de movimentação, etc., que são requeridos para produção se mantém no mínimo, significando alta produtividade e baixo custo.
- Menor *lead time* de produção. Permite resposta mais rápida para o cliente e um ciclo financeiro menor (tempo entre pagar a matéria prima e receber o pagamento dos produtos feitos com esta matéria-prima), pois não produz para estoque.

- Facilita a identificação de problemas. Defeitos rapidamente tornam-se aparentes, podendo ser identificados e corrigidos antes de se prosseguir. É mais fácil identificar a causa raiz das anormalidades quando elas são detectadas assim que ocorrem.
- E por fim, encoraja a comunicação, pois as operações se tornam ligadas em uma relação “cliente - fornecedor”.

### **2.4.2 Produção Puxada**

Um processo de manufatura normalmente envolve várias etapas. Estas etapas devem estar alinhadas para que os materiais produzidos em estágios anteriores do processo cheguem na quantidade e no momento correto para as etapas seguintes. De acordo com o seu funcionamento, os processos de produção com vários estágios podem ser classificados em sistema de produção empurrada ou sistemas de produção puxada.

O sistema de produção empurrada é determinado a partir do comportamento do mercado. A programação é feita por uma central de programadores, que se baseia nas estimativas de tempo para realizar os pedidos. As etapas do processo recebem a informação de qual produto deve ser processado, qual seu tamanho de lote e quando devem ser concluídos. Entre as etapas do processamento é comum existir pedidos esperando por um mesmo processo, nestes casos o supervisor decide qual produto tem prioridade. Porém a prioridade para o supervisor nem sempre é a prioridade para a central de programação, podendo resultar em atrasos na entrega. Como visto, neste sistema a produção é iniciada antes da ocorrência da demanda pelo produto, não existindo qualquer relação com a demanda real dos clientes (NICHOLAS, 1998).

Já no sistema de produção puxada, o fluxo de materiais ganha relevante importância. Neste sistema a demanda do cliente gera o início da produção. O controle de o que, quando e como produzir é determinado pela quantidade de produtos em estoque. Assim, a operação final do processo verifica a quantidade de produtos vendidos aos clientes e as produz para repor o consumo gerado. Desta forma, cada processo produtivo “puxa” as peças fabricadas no processo anterior, eliminando a programação das etapas do processo produtivo através da central de programadores.

Como já apresentando anteriormente, os estoques em excesso são definidos como um tipo de desperdício, que causam problemas e

aumentam os custos. Em um ambiente de produção puxada, a produção somente acontece se houver uma demanda do cliente interno (processo seguinte) ou externo (cliente final). A utilização da produção de fluxo contínuo e da produção puxada resulta em redução de *lead time* e de estoques (ROTHER & SHOOK, 2003).

A Tabela 2.2 apresenta um resumo das principais características entre o sistema de produção empurrada e produção puxada.

EMPURRAR	PUXAR
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Lead time</i> longo;</li> <li>• Estoque alto e inconstante;</li> <li>• Tempo de processamento total do produto inconstante;</li> <li>• Orientado por previsão;</li> <li>• Planejamento e controle centralizados;</li> <li>• Mudanças frequentes no planejamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de reação curto;</li> <li>• Níveis de estoque estáveis;</li> <li>• Tempo de processamento total do produto estável;</li> <li>• Orientado pelo consumo.</li> </ul>

Tabela 2.2 – Características da Produção Empurrada *versus* Puxada. Fonte: Elaborado pela autora (2009).

### 2.4.3 Célula de Trabalho

O leiaute de uma operação produtiva significa o posicionamento físico dos recursos de transformação. Para se definir o leiaute deve-se decidir onde vão ser alocados as instalações, as máquinas, os equipamentos e os trabalhadores, determinando assim qual será a aparência do sistema produtivo. Também determina como os recursos transformados irão fluir pela operação. O leiaute se apresenta como responsável por grande parte dos desperdícios identificados pela manufatura enxuta, como excesso de transporte, de movimentação nas operações e de estoques.



O leiaute celular consiste no agrupamento de pessoas, materiais, equipamentos e métodos necessários para processar determinado produto (ou grupo de produtos). Este conjunto deve estar arranjado próximos uns dos outros em ordem sequencial, por onde o produto é processado em um fluxo contínuo. O leiaute mais utilizado para formação de células de trabalho é o formato em “U” (ROTHER & HARRIS, 2002).

Para se obter um leiaute celular se faz necessário que os produtos sejam agrupados em famílias. “Um produto e suas variações passando por etapas similares de processamento e equipamentos comuns, constitui uma família de produtos” (LÉXICO LEAN, 2007). O objetivo é fazer com que cada família seja processada em um grupo de máquinas com a mínima interação com os outros grupos. O leiaute celular apresenta como principais vantagens:

- Leiaute mais eficiente para o operador;
- A proximidade entre as pessoas contribui para o trabalho em grupo;
- O produto percorre uma distância menor;
- Permite maior flexibilidade, o sistema deve reagir à mudanças na demanda do consumidor e à mudanças no projeto do produto;
- Elimina o espaço para o estoque intermediário;
- Fluxo unitário de peça (ou em pequenos lotes, quando o fluxo unitário for inviável);
- Facilita a supervisão e o controle visual das operações.

A Figura 2.4 ilustra um exemplo de célula de manufatura com formato em “U”. Esta célula é constituída por 3 operadores que dividem as tarefas necessárias para a fabricação de um determinado produto, ou família de produtos. Esta divisão de tarefas permite que cada operador trabalhe em determinadas atividades dentro da célula, percorrendo as estações de trabalho pré definidas anteriormente.

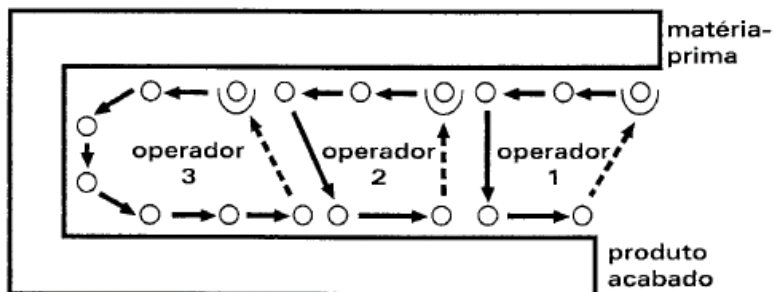


Figura 2.4 - Exemplo de célula de manufatura. Fonte: Rother & Harris (2002).

#### 2.4.4 Operadores Multifuncionais

Dentro do sistema de produção com células de manufatura, os diversos processos são executados por trabalhadores treinados com várias habilidades, capacitados a operarem diferentes tipos de máquinas e processos, aqui chamados de operadores multifuncionais. A multifuncionalidade é obtida através de treinamento intensivo e rodízio de tarefas dentro da célula. O número de operadores multifuncionais pode ser reduzido ou aumentado em função da demanda, garantindo assim flexibilidade para a produção.

Além da flexibilidade, a utilização de operadores multifuncionais também evita problemas ergonômicos, causados com a repetição excessiva de movimentos dos mesmos grupos de músculos, cujas consequências são as doenças ocupacionais, responsáveis por boa parte dos afastamentos de operadores do trabalho. Também gera o enriquecimento do conteúdo de trabalho, reduzindo a monotonia de algumas tarefas repetitivas e da fadiga precoce.

#### 2.4.5 Takt Time

A palavra *Takt* é originária do alemão, onde é utilizada para designar o compasso de uma composição musical, sendo que *takt* significa velocidade, compasso ou ritmo. O termo *takt time* foi introduzido no Japão no sentido de representar o ritmo da produção e é utilizado para vincular a produção ao ritmo de vendas, ou seja, traduz a

velocidade com que os clientes solicitam os produtos acabados. O *takt time* oferece uma noção do ritmo que os processos deveriam estar produzindo, além de identificar quais pontos necessitam de melhorias, a fim de atender os clientes.

Para determinar qual o *takt time* de um produto, deve-se dividir o tempo total disponível de produção, pela necessidade do cliente no mesmo período de tempo (por exemplo, por turno, por dia, por semana ou mensal), a equação está representada a seguir.

$$TAKT\ TIME = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível}}{\text{Demanda do cliente (no mesmo período)}} \quad (\text{eq. 2.1})$$

Em uma linha de produção, a cada intervalo definido pelo *takt time*, uma unidade deve ser terminada. Por exemplo, para uma linha de montagem de automóveis com demanda diária de 300 unidades e tempo disponível para produção de 10 horas (600 minutos), o *takt time* será de 2 minutos. Ou seja, a cada 2 minutos deve sair um carro pronto no final da linha.

Quando o *takt time* for muito baixo (abaixo de 10 segundos), o trabalho pode ser muito repetitivo, se tornando estressante e aumentando as chances de erros. Nestes casos células iguais podem ser adicionadas (dependendo dos custos), com o intuito de aumentar o tempo disponível para produção, elevando o *takt time*. Do contrário, quando o *takt* for muito elevado (maior que 120 segundos), o número de tarefas que o operador deve seguir se torna tão grande que a padronização pode ser comprometida. Assim sendo, produtos similares podem ser adicionados à célula, com a finalidade de aumentar a demanda e diminuir o *takt time* (ROTHER & HARRIS, 2002).

#### 2.4.6 Tempo de Ciclo

A duração de um ciclo é dada pelo período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo. O tempo de ciclo é o intervalo de tempo, regular e repetitivo, necessário para fabricar uma peça, ou seja, o tempo do início ao fim da operação, até que o ciclo se repita novamente. Também pode ser

expressa como a frequência com que um produto sai no final da produção.

O tempo de ciclo deve estar contido dentro do *takt time* para que seja possível atender à demanda do cliente, além disso, se a empresa trabalhar em 3 turnos cheios, deve haver uma diferença entre o tempo de ciclo e o *takt time* para possíveis recuperações de atrasos, como a quebra de uma máquina por exemplo (ROTHER & HARRIS, 2002).

Rocha (2005) cita que se determinada produção é de 60 unidades por hora, a cada minuto tem-se um produto. Esse tempo é chamado de tempo de ciclo, que pode ser determinado pela divisão do tempo de trabalho do posto pela quantidade de produtos que ele produz no mesmo período. Assim, o tempo de ciclo pode ser calculado por:

$$\text{TEMPO DE CICLO} = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Quantidade de produtos}} \quad (\text{eq. 2.2})$$

#### 2.4.7 Sequência de Trabalho

É a ordem que o trabalho deve ser executado, ou seja, são as operações realizadas por um trabalhador em uma sequência pré-determinada. As sequências são dispostas em folhas de processos e devem ser seguidas rigorosamente, com a finalidade de evitar erros e tornar o processo consistente, sem grandes flutuações quanto ao tempo. Se não existe uma sequência de trabalho definida, então a execução do trabalho e a saída do produto podem não ser constantes, bem como não podem ser controladas.

Não ter sequência de trabalho implica em:

- Flutuações nos tempos de ciclo, sobrecarregando ou aliviando o operador;
- Possíveis resultados de não qualidade;
- Utilização imprópria de máquinas ou equipamentos;
- Incapacidade de identificar potenciais de melhorias.

### **2.4.8 Elemento de Trabalho**

Um elemento de trabalho pode ser interpretado como a menor tarefa possível, isto é, uma tarefa que não pode ser subdividida em outras tarefas. Por exemplo, a execução de um furo com uma broca, ou a fixação de um parafuso. Segundo Rother & Harris (2002) “um elemento de trabalho pode ser definido como o menor incremento de trabalho que pode ser transferido para outra pessoa”. O conjunto de elementos de trabalho que o operador executa constitui o total de trabalho do operador em um ciclo de produção. Dividir o trabalho em elementos ajuda a identificar e eliminar desperdícios que estavam escondidos no ciclo de trabalho do operador.

### **2.4.9 Atividades Cíclicas e Acíclicas**

Dentro das atividades realizadas por um trabalhador em uma célula de produção pode-se diferenciar dois tipos de atividades de acordo com a frequência com que são realizadas. Estas podem ser classificadas como atividades cíclicas e atividades acíclicas.

Uma atividade é considerada cíclica quando se repete a cada ciclo da produção, como montar uma peça ou apertar um parafuso. São atividades constantes e repetidas dentro do processo de fabricação de um determinado produto e é fundamental para a que a produção ocorra. As atividades cíclicas podem ser consideradas como atividades primárias dentro da produção. Dentro destas atividades, as esperas não devem ser adicionadas ao ciclo de operação, estas devem ser registradas separadamente e não devem ser incluídas como parte de um elemento regular.

Já as atividades acíclicas são atividades necessárias para a produção, porém não acontecem a cada ciclo. As atividades acíclicas ocorrem com regularidade e podem ser interpretadas como atividades de apoio à produção. Exemplos de atividades acíclicas são dados na Figura 2.5.

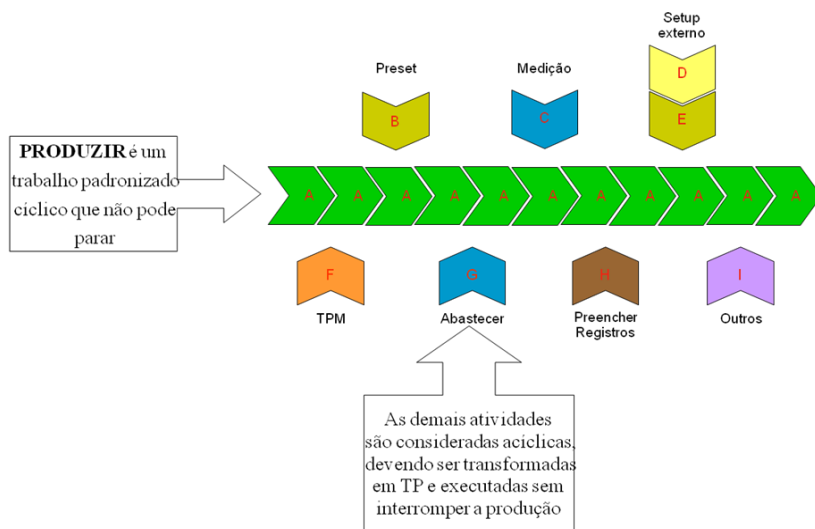


Figura 2.5 - Atividades cíclicas e acíclicas. Fonte: Apostila de treinamento da empresa (2008).

Como visto, as atividades cíclicas se repetem a cada peça produzida, já as atividades acíclicas se repetem a cada “X” peças produzidas. As atividades acíclicas quando não puderem ser eliminadas devem ser transferidas para o pessoal de apoio, como líderes do time ou abastecedor de material, que trabalham fora do fluxo contínuo baseado no *takt time*. O trabalho fora do ciclo destrói o fluxo contínuo e dificulta a produção eficiente e consistente com o *takt time*.

Especial atenção deve ser prestada, a fim de não confundir atividades acíclicas com desperdícios embutidos no sistema. Por exemplo: o abastecimento da linha de produção é uma atividade acíclica, pois é realizada com regularidade e é essencial para que a produção possa ocorrer. Já a atividade de buscar uma ferramenta em outro posto de trabalho deve ser cuidadosamente analisada, pois tem grandes chances de não ser realmente necessária, podendo ser colocada uma ferramenta próxima ao ponto de utilização.

#### **2.4.10 Análise de Tempos e Movimentos**

Nas etapas de fabricação de um produto, cada estação de trabalho gasta determinado tempo para executar uma tarefa. Se o tempo que cada estação gastar para fazer um produto for o mesmo, o balanceamento já está feito. Se os tempos forem diferentes, estudos adicionais são necessários (ROCHA, 2005).

A base para padronizar o trabalho é a análise dos tempos necessários para executar o trabalho e os movimentos envolvidos. Nesta etapa são efetuadas análises dos métodos, materiais, ferramentas e instalações utilizadas ou que serão necessárias para execução do trabalho. Esta análise tem como finalidade encontrar a melhor forma para executar uma atividade, padronizando os métodos, materiais, ferramentas e instalações.

Para efetuar a análise, a decomposição das operações em elementos de trabalho é essencial, pois possibilita eliminar movimentos inúteis e ainda simplificar, racionar ou fundir os movimentos úteis proporcionando economia de tempos e esforço do trabalhador. A partir disso, determina-se o tempo médio para execução das tarefas mediante o uso de um cronômetro.

As operações devem ser observadas no chão de fábrica, enquanto são normalmente realizadas pelo trabalhador. Ao observar o trabalho, pode haver pequenas diferenciações no modo de executá-lo de acordo com a pessoa ou de acordo com o ciclo. Deve-se então pensar na melhor forma de fazer o trabalho e registrar como são feitos. Outro ponto importante é lembrar que o que está sendo analisado são os processos e as atividades necessárias para fabricar o produto; e não o trabalhador ou o seu desempenho. O importante é compreender as etapas de fabricação e então, os tempos necessários para fazer o produto (ROTHER & HARRIS, 2002).

Outro ponto importante para realizar a análise do tempo é a escolha da pessoa a ser cronometrada. O trabalhador cronometrado deve ser experiente, conhecedor de todos os elementos de trabalho necessários na operação e qualificado para executá-los. Este trabalhador deve ser um trabalhador típico, nem o mais rápido e nem o mais lento, para representar a média entre todos que executam esta operação.

Durante a etapa de análise dos tempos também deve-se procurar por desperdícios. Trabalhadores caminhando para buscar peças ou ferramentas, ou trabalhadores esperando pelo fim do ciclo de uma

máquina, ou deixando seu posto de trabalho para realizar atividades fora do ciclo são ações que interrompem o fluxo e são consideradas desperdício. Estas ações não devem ser incluídas como elemento de trabalho e um dos objetivos do processo é eliminá-las.

Os tempos tomados devem ser dos elementos de trabalho separadamente, pois tomar o tempo total de uma sequência de trabalho pode incluir desperdícios, como o tempo de espera entre os elementos de trabalho. A não ser que os elementos de trabalho sejam muito pequenos, a ponto de ser inviável cronometrar um a um, pode-se agrupar alguns elementos ao ponto de facilitar a cronometragem.

#### **2.4.11 Tempo Padrão**

A partir da análise dos tempos é determinado o tempo padrão para cada operação. O tempo padrão é o tempo necessário para executar uma operação. Para definição desse tempo, deve-se analisar um operador apto e treinado, que possua habilidade média, trabalhando de acordo com um método preestabelecido. A análise deve ser feita em condições normais de trabalho, que represente a condição média de trabalho para todos que realizam a mesma atividade.

#### **2.4.12 Gráfico de Balanceamento do Operador**

O gráfico de balanceamento do operador (GBO), também conhecido como quadro *Yamazumi*, é uma ferramenta gráfica para auxiliar a criação de fluxo contínuo em um processo com múltiplas etapas e múltiplos operadores. O GBO é desenvolvido com base no *takt time* e nos tempos das atividades, onde sua principal finalidade é o balanceamento das atividades de uma linha ou célula.

O GBO consiste num gráfico de barras de Operador *versus* Tempo, onde cada barra corresponde a um operador envolvido no processo. Além disso, as barras são formadas pelos tempos de duração de cada uma das atividades executadas pelo operador dentro do processo analisado. A soma dos tempos de cada operador permite enxergar o tempo real de trabalho de cada operador no processo. Estas barras são então analisadas em paralelo e comparadas ao *takt time* (ROTHER & HARRIS, 2002).



O GBO apresenta o balanceamento de diferentes tarefas. Os tipos de atividades representados com o uso do gráfico podem ser divididos em:

- Rebalanceamento do trabalho para implementar e/ou manter carga de trabalho;
- Rebalanceamento do processo em eventual mudança de velocidade da linha;
- Rebalanceamento do trabalho com melhorias através do *Kaizen*.

Este gráfico é utilizado para adequar o balanceamento dos operadores, ajustando os tempos das atividades ao tempo de ciclo planejado, visando um melhor balanceamento da linha de produção ou célula. Deve ser observado que para cada nível de capacidade existe um diferente ciclo de trabalho e uma correspondente divisão de seu conteúdo, ou seja, o GBO deve ser refeito quando houver mudança na capacidade da linha ou célula. A Figura 2.6 representa um gráfico de balanceamento do operador, com suas principais informações: *takt time*, tempo de ciclo planejado e ciclo do operador.

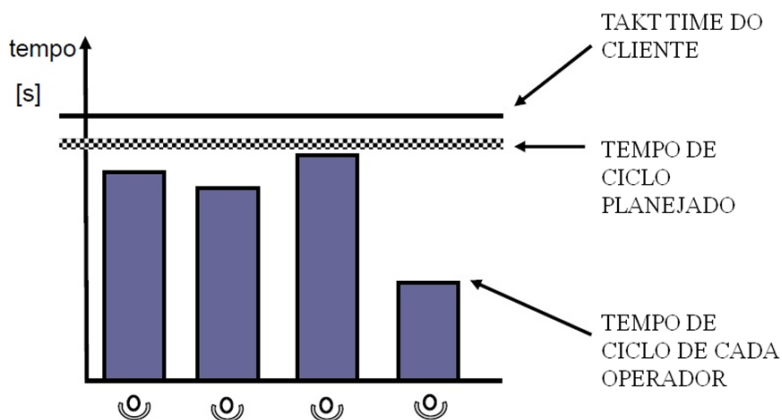


Figura 2.6 - GBO com suas principais informações. Fonte: Adaptado de Rother & Harris (2002).

### 2.4.13 Produtividade

A produtividade pode ser definida como a capacidade de produzir partindo-se de certa quantidade de recursos. A produtividade é medida pela relação entre os resultados obtidos na produção e os recursos produtivos consumidos, como peças/hora-máquina, toneladas produzidas/homem-hora, produtos produzidos/funcionário-ano, etc. A produtividade pode ser medida para cada recurso isoladamente, para ser possível avaliar o comportamento e o desempenho de cada um (CONTADOR, 1998).

De acordo com Camarotto (2007) para calcular a produtividade tem-se como base a quantidade de produtos obtidos de uma máquina ou de um operador em um dado período de tempo, ou seja, a produção de bens ou serviços por uma quantidade de horas-homem ou de horas-máquina. A produtividade ótima será obtida quando o processo for efetuado com o menor desperdício de movimentos, tempo, esforços e em condições de máxima eficiência, seguindo um método estabelecido.

A produtividade também está relacionada com a qualidade e aumenta à medida que a qualidade melhora. Isto porque existirá menos retrabalho, diminuindo o desperdício. A melhoria da qualidade transfere o desperdício em homem-hora e tempo-máquina para a fabricação de um bom produto e uma melhor prestação de serviços. O resultado é uma reação em cadeia, apresentado na Figura 2.7.

Algumas empresas gastam muito dinheiro investindo em máquinas de última geração com o intuito de melhorar a produtividade. O que muitas empresas não sabem, ou não prestam atenção é que as organizações humanas são constituídas de três elementos básicos:

- *Hardware* (equipamentos e materiais);
- *Software* (procedimentos);
- E mão de obra (ser humano).

Para melhorar o *hardware* deve-se aplicar capital e investir em equipamentos e materiais. Para melhorar o *software* pessoas devem ser capacitadas e preparadas para aprimorar os procedimentos. E por fim, para melhorar a mão de obra, estudo e conhecimento devem ser desenvolvidos. Ou seja, a melhoria da produtividade só pode ser alcançada pela união entre investimento de capital e pelo investimento no ser humano, na sua capacitação.

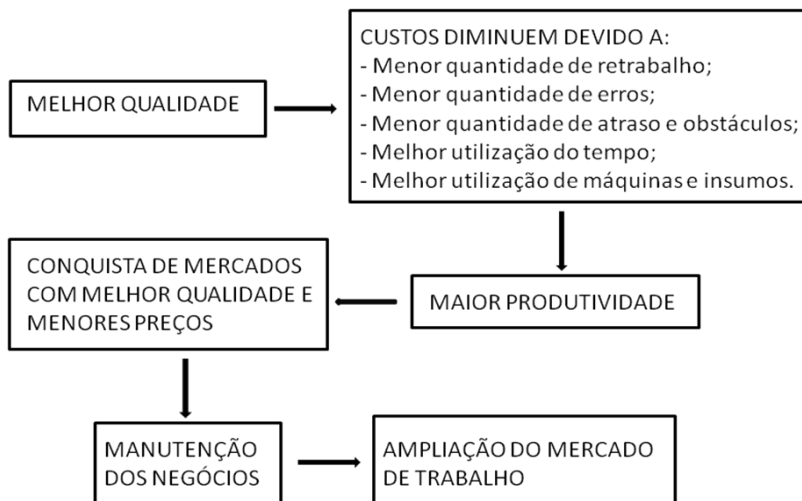


Figura 2.7 - Fluxograma da reação em cadeia. Fonte: Adaptado de Contador (1998).



### 3 ESTUDO DE CASO

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A pesquisa foi realizada em uma empresa de grande porte, do setor automotivo, localizada na região industrial de Curitiba – Paraná, no período compreendido entre março e dezembro de 2008. A pedido da empresa, seu nome será ocultado.

Segundo dados do *site* da empresa na *internet*, seu grupo está presente na América do Sul desde 1924, empregando cerca de 15.000 funcionários. No Brasil a empresa atua desde 1954, registrando em 2008, ano em que a pesquisa foi realizada, um faturamento de R\$ 4.6 bilhões. Ainda no Brasil, é representada em 11 localidades, empregando cerca de 12.900 funcionários

A empresa é uma multinacional de origem alemã. Incluindo os representantes de vendas e serviços, a empresa está presente em aproximadamente 150 países, sendo líder mundial no fornecimento de tecnologia e serviços e atua nos seguintes setores: tecnologia automotiva, tecnologia industrial, bens de consumo e tecnologia de construção. O setor de tecnologia automotiva é a maior divisão corporativa da empresa e é dividido em 10 divisões de negócios.

A presente pesquisa foi realizada em uma das divisões do setor de tecnologia automotiva, responsável pela fabricação de sistemas diesel desde 1978. A fábrica ocupa uma área de 590 mil metros quadrados, conta com cerca de 4600 funcionários e fornece seus produtos tanto para o mercado interno quanto para Europa, Estados Unidos e Ásia.

##### 3.1.1 Caracterização do Sistema de Manufatura

A planta da empresa onde o presente estudo foi realizado é líder no mercado mundial de componentes diesel com cerca de 60% de participação. A planta de Curitiba é parte de uma rede internacional para produção de componentes dos mais modernos sistemas de injeção de combustível para motores diesel.

Os produtos por ela produzidos são em sua maioria produtos eletrônicos, manufaturados a partir de máquinas altamente tecnológicas e por profissionais treinados e gabaritados para suas operações. Assim

sendo, sua tecnologia permite que os motores diesel atendam às mais exigentes normas de emissões de poluentes. Os produtos são direcionados tanto para o equipamento novo, como para o mercado de reposição.

Entretanto, o setor da empresa onde a pesquisa foi realizada produz um produto muito antigo, voltado apenas para o mercado de reposição, totalmente mecânico. Para a sua produção são utilizados equipamentos mecânicos/manuais, onde sua produção ainda é muito dependente de quem o fabrica. Ou seja, as máquinas utilizadas neste setor são antigas, com pouco ou nenhum investimento para automatização, onde o carregamento e descarregamento das máquinas é feito manualmente e em alguns casos, principalmente na parte de montagem e regulagem das bombas, o trabalho é muito dependente da experiência do operador. Além disso, os operadores deste setor são antigos na empresa, em geral com cerca de 30 anos de trabalho nos mesmos postos, onde desenvolveram aptidão ao trabalho efetuado e possuem grande experiência nos postos onde trabalham.

O setor onde o estudo foi realizado opera em 3 turnos, 7 dias por semana, contando com 181 operadores no primeiro turno, 99 no segundo e 53 no terceiro, resultando em um total de 333 operadores. O processo, de um modo geral, constitui da montagem inicial da carcaça, usinagem dos elementos, montagem e regulagem da bomba. Grande parte dos componentes utilizados é oriunda de fornecedores nacionais, sendo montados na planta de Curitiba. A linha possui 39 células de manufatura, entre usinagem, montagem e exames, dispostas de acordo com a sequência de fabricação, as principais estão apresentadas a seguir:

- Preparação da carcaça;
- Eixo de Comando;
- Tucho de rolete;
- Preparação do pistão (usinagem);
- Rasgos do pistão (usinagem)
- Exames do pistão;
- Preparação do cilindro (usinagem);
- Exames do cilindro;
- Emparelhamento do elemento;
- Embalagem do elemento;
- Válvula;

- Miscelânea;
- Pré-montagem da bomba;
- Montagem da bomba;
- Regulagem da bomba.

### **3.1.2 Caracterização do Produto**

Os motores diesel se destacam por seu baixo consumo de combustível, baixas emissões de gás de escape, pouca necessidade de manutenção e alta longevidade. A bomba injetora é um dos componentes mais importantes do sistema de alimentação dos motores diesel, sua função é enviar o combustível sob pressão para cada um dos injetores.

A bomba injetora em linha possui um elemento de bombeamento para cada um dos cilindros do motor, sendo estes elementos posicionados "em linha" uns com os outros, de onde vem o seu nome. A bomba injetora apresenta como peças essenciais: eixo de comando, tucho de rolete, mola do pistão, elemento e válvula de pressão. O pistão da bomba, acionado pelo eixo de comando, pressiona o combustível, através da válvula e do tubo de pressão, ao bico injetor. A injeção deve ocorrer sob condições bem determinadas, isto é, em quantidade dosada conforme a carga do motor, em um determinado momento e durante certo espaço de tempo, obedecendo às características do processo de combustão.

A bomba em linha pode ser utilizada tanto em caminhões, quanto em motores estacionários, como conjuntos de gerador de emergência e compressores de ar. A Figura 3.1 apresenta um exemplo de bomba injetora em linha, com seus principais componentes.

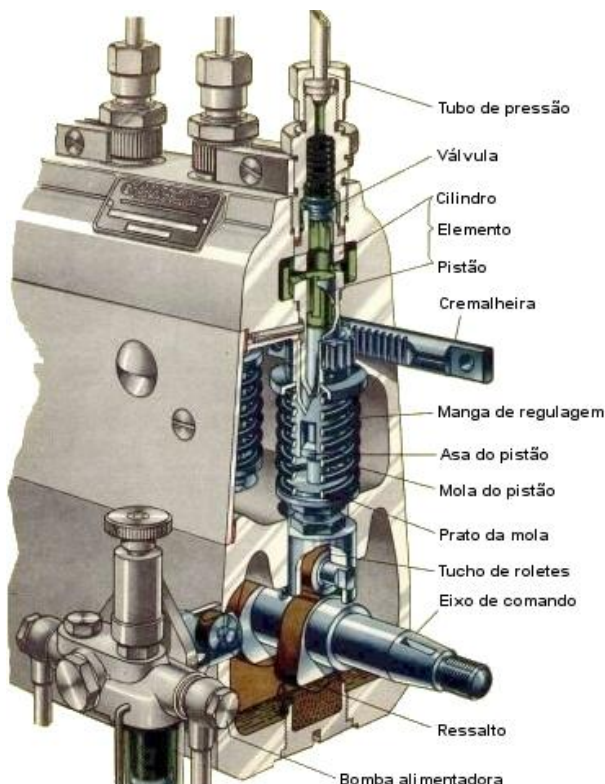


Figura 3.1 - Bomba injetora e componentes principais. Fonte: Intranet da empresa (2008).

### 3.1.3 Estado Inicial do Processo de Manufatura

A empresa onde a pesquisa foi realizada não possuía padronização no processo estudado. O principal objetivo com a aplicação da ferramenta de trabalho padronizado é aumentar a produtividade do setor, através da documentação e controle com padrões, de modo a permitir melhorias contínuas. A Tabela 3.1 apresenta uma comparação entre o estado em que a empresa se encontrava no início da pesquisa (chamado de estado inicial) e os objetivos esperados com a implantação do trabalho padronizado.



Um ponto importante a ser observado é que na empresa onde a pesquisa ocorreu, foi explicado a todos que a implantação do trabalho padronizado não se resume simplesmente ao trabalho técnico. Pois a padronização tem ligação direta com o respeito e o envolvimento dos operadores, aumentos ou alterações possíveis de atividades e rotinas dos times de produção, estudos e adequações ergonômicas, gestão da mudança e valores da empresa.

ESTADO INICIAL	OBJETIVOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não existe Trabalho Padronizado, somente estudos de tempos isolados;</li> <li>• Tarefas são executadas de maneiras diferentes;</li> <li>• O tempo de execução das tarefas pode variar;</li> <li>• Não há material de treinamento para as tarefas dos operadores;</li> <li>• Não há controle visual das operações;</li> <li>• Pouca transparência no nível operacional, dificultando o processo de melhoria continua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle do conteúdo das atividades, da sequência e dos tempos pré-determinados para a realização do trabalho;</li> <li>• Ferramentas requeridas bem definidas;</li> <li>• Atividades que geram desperdício são identificadas e eliminadas;</li> <li>• Fluxo Claro do processo;</li> <li>• Desvios dos tempos pré-determinados tornam-se visíveis;</li> <li>• Material de treinamento padronizado;</li> <li>• Gestão Visual do trabalho.</li> </ul>

Tabela 3.1 – Estado inicial *versus* objetivos almeçados com a padronização.

Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Outro ponto que deve ser salientado, é que este projeto para implantação do trabalho padronizado não possuía recursos financeiros para sua realização, devendo ser executado com os recursos disponíveis na empresa. Portanto foram utilizados apenas recursos como sala de reunião, computadores, retroprojetores, papéis e outros materiais de escritório. Assim sendo, não serão consideradas neste trabalho as possibilidades de investimento para mudanças de linha ou automações

em máquinas, visando melhorar o fluxo do produto ou melhorar as atividades para respeitar os tempos de ciclo. Todo o trabalho foi realizado de acordo com as situações em que a empresa se encontrava no momento que o trabalho iniciou, sem haver investimentos, melhorias de máquinas ou compras de ferramentas.

### 3.2 APLICAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO PADRONIZADO

O método do trabalho padronizado utilizado nesta pesquisa foi adaptado do método adotado pela empresa. A implantação do trabalho padronizado segue uma sequência de 6 etapas, onde a implantação da padronização ocorre em 7 passos, como demonstrado na Figura 3.2.

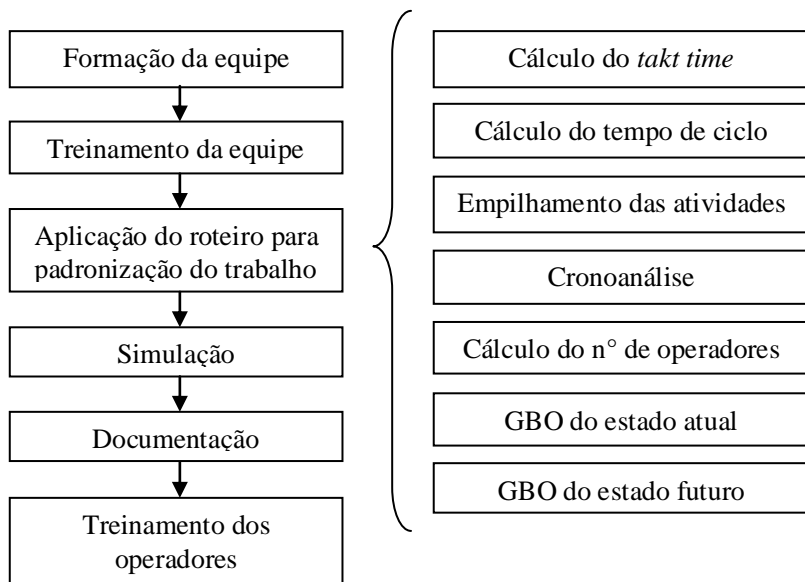


Figura 3.2 - Método do trabalho padronizado. Fonte: Dados da empresa (2008).

### **3.2.1 Etapa 1: Formação da Equipe**

De acordo com o processo de pesquisa-ação adotado neste trabalho e apresentado no Capítulo 1, onde a primeira etapa consiste na fase exploratória, foi definido com a pesquisadora e a empresa o problema de produtividade em um setor da empresa. O escopo do trabalho foi definido como a implantação da ferramenta de trabalho padronizado, com foco na produtividade.

Nesta mesma fase foram reunidos os planejadores de cada processo, juntamente como os chefes de cada seção, os gerentes do produto estudado, os responsáveis pela manufatura enxuta na empresa e representantes dos recursos humanos. O objetivo desta reunião foi enumerar os objetivos almejados com a padronização (listados na Tabela 3.1), definir os participantes da equipe de trabalho e esclarecer o processo de implantação para todos os envolvidos.

O papel dos representantes dos recursos humanos é de aprovar o processo e identificar no chão de fábrica, líderes naturais que são convidados a participar da criação do trabalho padronizado, visto que a participação de todos os trabalhadores (apesar de ideal), neste caso é inviável. Os representantes escolhidos para participar do estudo, são responsáveis por difundir o conhecimento aos demais trabalhadores, porém todos os operadores têm acesso ao time de trabalho para sanar qualquer dúvida a qualquer momento, além de ser constante a presença do time no chão de fábrica. Como já exposto no item 2.3.2, é de vital importância que as pessoas que fazem o trabalho participem do processo de padronização, pois estas entendem em detalhes o trabalho realizado e são capazes de fazer as maiores contribuições à padronização.

O time de trabalho, que muda de acordo com o processo estudado (um time por célula de trabalho) consiste em:

- Um representante da manufatura enxuta, para desenvolver e aplicar o treinamento sobre o trabalho padronizado (participação integral);
- O planejador responsável pela célula estudada e um estagiário (participação integral);
- Os chefes da seção, um representante por turno (participação integral);

- Pelo menos um representante de cada turno da célula (dependendo do tamanho da célula, podendo participar dois representantes por turno – participação integral);
- O gerente do produto, para dar início ao *workshop*, enfatizando a importância do trabalho e na finalização do *workshop*, para apresentação dos resultados.

### 3.2.2 Etapa 2: Treinamento da Equipe

Na segunda etapa do processo da pesquisa-ação, denominado de fase principal (planejamento), foi realizado um levantamento bibliográfico acerca dos temas abordados no estudo, que estão apresentados no Capítulo 2 desta dissertação.

Também nesta fase foi realizado o estudo para reunir os dados necessários do processo estudado na empresa para a implantação do trabalho padronizado. O estudo foi efetuado por célula de trabalho, de acordo com o fluxo do produto. Para tanto, são realizados *workshops*, com a participação do time de trabalho apresentado anteriormente e com duração variada de acordo com o tamanho e a necessidade de cada célula (variando de 3 a 5 dias por célula).

Para lembrar, o projeto envolve 3 turnos, 7 dias por semana, contando com 181 operadores no primeiro turno, 99 no segundo e 53 no terceiro, totalizando 333 operadores. O processo, de um modo geral, constitui-se da montagem inicial da carcaça, usinagem dos elementos, montagem e regulação da bomba de injeção. No total a linha possui 39 células de manufatura, entre usinagem, montagem e exames.

Durante a fase de planejamento é realizado um treinamento para o time de trabalho sobre o trabalho padronizado e conceitos importantes relacionados. O treinamento é iniciado com a apresentação e integração do time de trabalho, seguido com as informações do cenário atual e os objetivos da padronização, para esclarecer o porquê do projeto.

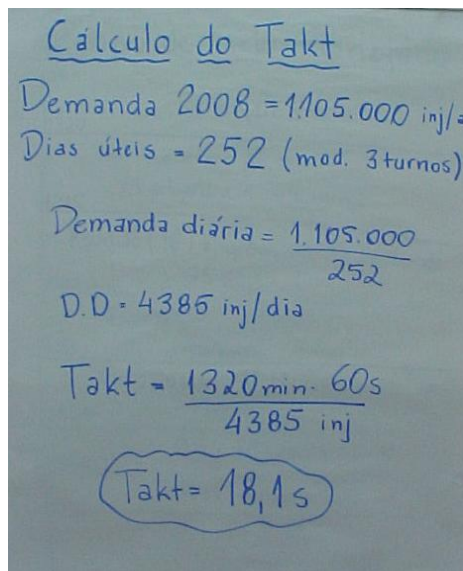
Os conceitos de padronização e outros conceitos importantes como fluxo, *takt time*, tempo de ciclo, desperdícios e tipos de desperdícios também são apresentados. Também são expostos os conceitos de atividades cíclicas e acíclicas com participação de todos e contextualização para a célula estudada. Com a conceituação do trabalho, são apresentadas as 7 etapas do roteiro do trabalho padronizado utilizado pela empresa.

### 3.2.3 Etapa 3: Aplicação do Roteiro para Padronização do Trabalho

De acordo com o processo de pesquisa-ação, a terceira fase denominada fase de ação engloba medidas práticas baseadas nas etapas anteriores. Nesta pesquisa, durante a fase de ação foi aplicado o roteiro do trabalho padronizado apresentado anteriormente e descrito passo a passo a seguir.

#### Passo 1: Cálculo do *Takt Time*

O *takt time* representa o tempo que um produto precisa ser produzido a fim de atender à demanda do cliente e é a base para o conteúdo do trabalho de um operador. Para realizar o cálculo deve-se dividir o tempo disponível por turno (ou dias) pela demanda no mesmo período.



Cálculo do Takt

$$\begin{aligned} \text{Demanda } 2008 &= 1.105.000 \text{ inj/a} \\ \text{Dias úteis} &= 252 \text{ (mod. 3 turnos)} \\ \text{Demanda diária} &= \frac{1.105.000}{252} \\ D.D. &= 4385 \text{ inj/dia} \\ \text{Takt} &= \frac{1320 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}}{4385 \text{ inj}} \\ \text{Takt} &= 18,1 \text{ s} \end{aligned}$$

Figura 3.3 – Cálculo do *takt time*. Fonte: Foto tirada pela autora (2008).

Para os operadores encontrarem o *takt* referente à sua célula, são utilizados a demanda diária do produto e o tempo disponível por dia (operando em 3 turnos). Para obter o tempo disponível é utilizado o tempo total do turno, descontando o intervalo para refeição. A Figura 3.3 é um exemplo de cálculo de *takt time* realizado em um *flip chart* pela equipe de trabalho para aplicar o conceito na célula estudada visando um melhor entendimento para o time de trabalho.

Após as explicações preliminares e o entendimento do conceito de *takt time* por todos que integram a equipe de trabalho, o próximo passo é a utilização de uma planilha de Excel desenvolvida pela empresa. Esta planilha é utilizada para o cálculo do *takt time*, sendo preenchida com os dados da célula estudada. Um exemplo desta planilha está apresentado na Figura 3.4 com detalhes de seu preenchimento.

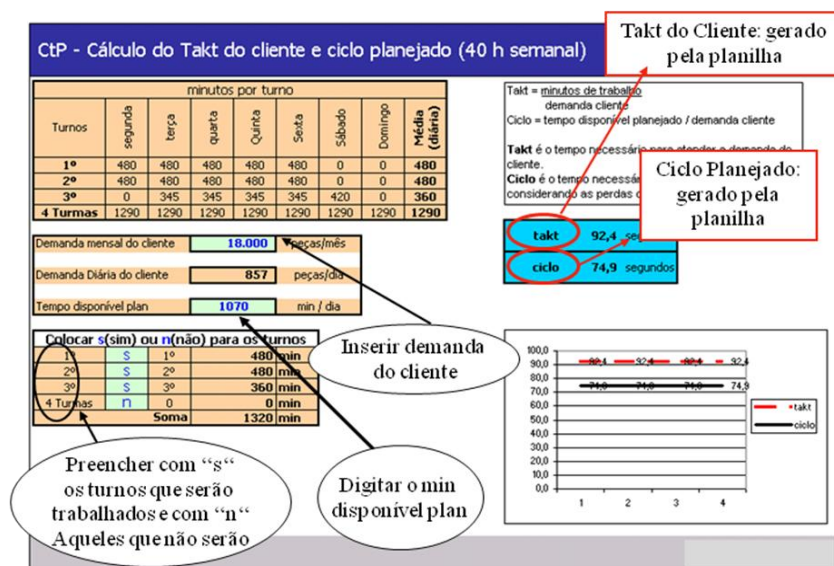


Figura 3.4 - Planilha para cálculo do *takt time* com detalhes do preenchimento.  
 Fonte: Dados da empresa (2008).

## Passo 2: Cálculo do Tempo de Ciclo Planejado

O ciclo planejado é referente ao tempo real da produção. Este deve ser mais rápido que o *takt time* do cliente, pois leva em consideração o tempo das paradas planejadas. No caso dessa pesquisa, as paradas planejadas consistem em:

- Tempo de refeições;
- Tempo e número de *setup*;
- Manutenção preventiva pelo operador (quando houver);
- Reuniões de início de turno;
- Ginástica laboral (nos dois primeiros turnos);
- Performance do processo (%); e
- Qualidade do produto (%).

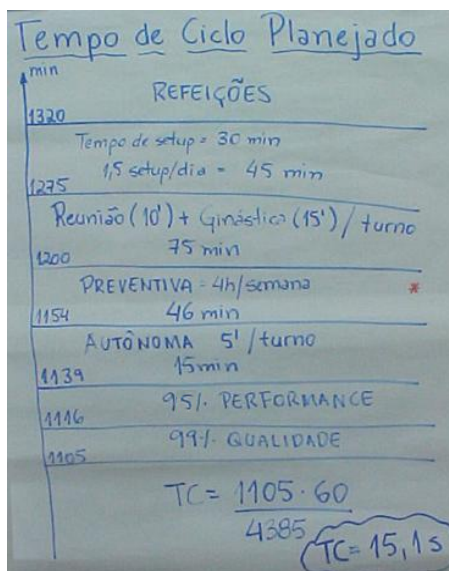


Figura 3.5 - Cálculo do tempo de ciclo planejado. Fonte: Foto tirada pela autora (2008).

A Figura 3.5 apresenta um exemplo de cálculo do ciclo planejado realizado em um *flip chart* pela equipe de trabalho para aplicar o conceito na célula estudada visando um melhor entendimento para o time de trabalho.

Neste ponto também é esclarecido que as perdas devido às falhas de máquina, deficiência de materiais, deficiências qualitativas e outras, não são deduzidas do tempo, pois trabalhos futuros necessitam ser feitos para eliminar essas perdas. Contudo, a performance do processo e qualidade do produto ainda são levados em consideração, pois como comentado no início do capítulo, nenhum investimento foi realizado para modificar a situação atual.

O procedimento adotado nesta pesquisa para o cálculo do *takt time* e tempo de ciclo, onde as paradas planejadas são descontadas no cálculo do tempo de ciclo, contraria a abordagem adotada pela bibliografia, onde as paradas planejadas são descontadas do tempo disponível utilizado para o cálculo do *takt time*. O curso desta pesquisa foi adotado o procedimento utilizado pela empresa para ser coerente com os resultados obtidos.

### **Passo 3: Empilhamento das Atividades**

O empilhamento das atividades consiste em listar todas as atividades realizadas na célula de produção que está sendo estudada. Neste ponto a participação dos operadores dos 3 turnos é essencial, pois nem sempre existe uma concordância entre os turnos. Além disso, essa atividade deve ser realizada pelos operadores, pois a listagem das atividades deve representar a realidade no chão de fábrica.

Na confecção da lista de atividades, as atividades devem ser descritas na forma de elementos de trabalho, a fim de facilitar a detecção dos desperdícios. A soma de todos os elementos de trabalho deve refletir o total de trabalho realizado na célula. Para concluir a lista de atividades, deve-se pensar sobre o melhor método de realizar o trabalho, principalmente nos pontos que houver divergência entre os operadores. Quando necessário outros operadores podem ser consultados, bem como a observação do trabalho sendo executado na célula.



Para o preenchimento desta lista deve-se observar a existencia de três tipos possíveis de atividades:

- **Atividade do homem:** São atividades intrinsecamente ligadas à operação do homem, como por exemplo o aperto de um parafuso ou a montagem de um chicote elétrico. Ou seja, são operações feitas manualmente e que dependem do homem para serem realizadas.
- **Deslocamentos:** Os deslocamentos são considerados sub-operações, visto que não agregam valor diretamente ao produto, porém são necessários para concluir determinadas operações. Deve-se salientar que os tempos relativos ao deslocamento devem ser minimizados ou, se possível eliminados, pois interrompem o fluxo das atividades. Um exemplo de deslocamento necessário para uma atividade é o de buscar uma peça na caçamba e posicioná-la na carroçaria.
- **Atividade da máquina:** Esta atividade é relativa ao tempo de operação da máquina, é o tempo necessário para uma máquina efetuar uma operação. Um bom exemplo desta atividade é a usinagem de uma peça. Para o tempo da máquina é considerado apenas o tempo de usinagem, o tempo de carregar e descarregar a máquina e o tempo de acionar o início da operação (quando não for automático) são considerados tempo homem.

O produto final da listagem das atividades deve conter o conjunto dos elementos de trabalho realizados na célula, bem especificados e entendidos por todo o time de trabalho. Na lista os elementos de trabalho devem estar descritos de acordo com a melhor maneira de realizá-los, devendo haver consenso entre os operadores. Outro ponto importante é que desperdícios não fazem parte do trabalho e devem ser eliminados, portanto não podem ser incluídos na lista de atividades.

As atividades acíclicas também devem ser listadas, porém separadas, pois não estarão inclusas no ciclo do operador mas precisam ser executadas. A Figura 3.6 exemplifica a diferenciação das atividades cíclicas e acíclicas, onde os operadores que participam do *workshop* indicam no leiaute as atividades cíclicas com a linha verde e as acíclicas com a linha vermelha.



Figura 3.6 – Atividades cíclicas e acíclicas no leiaute. Fonte: Foto tirada pela autora (2008).

Exemplos de atividades cíclicas:

- Retirar o injetor da estação;
- Dispor injetor na caixa;

Exemplos de atividades acíclicas:

- Fechar a caixa e dispor na balança;
- Etiquetar a caixa de embalagem;
- Pegar nova caixa, dispor sobre a bancada.

A Tabela 3.2 é um exemplo de listagem das atividades realizada pelo time de trabalho. Importante observar que as atividades grifadas são entendidas pelo time como atividades acíclicas e são destacadas para não serem contabilizadas no ciclo de trabalho do operador.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES
Retificar faces do arrastador
Pegar peças no flow-rack
Alimentar máquina
Retificar faces do arrastador
Medir simetria
Medir espessura
Calibrar Instrumentos
Liberação de caderno
Medir Rz
Medir dureza
Preencher registro de dureza
Troca de rebolo
Buscar rebolo (armário da célula de rasgos)
Ajusta após troca de rebolo
Preencher caderno de execução
Preencher cartão de refugo
Fechar caderno de liberação
Tamborear Pistões
Abastecer a máquina
Trocar chips (pedras)
Buscar chips no preset
Descartar chips
Buscar adesol (sabão)
Trocar adesol
Preencher cartão de execução
Tamborear pistões
Colocar peças no suporte

Tabela 3.2 – Lista de Atividades. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

#### **Passo 4: Cronoanálise para as Atividades Listadas**

Tendo em mãos a sequência de atividades elaborada pelos operadores, deve-se preencher a tabela com os tempos necessários para executar cada uma das atividades listadas. Para isso, o time de trabalho deve ir ao chão de fábrica, munido da lista de atividades e um cronômetro. O fato do time de trabalho coletar as informações no chão de fábrica é muito importante, pois ajuda a compreender a situação real e a identificar os desperdícios, que de outra maneira permaneceriam escondidos.

Antes do time ir ao chão de fábrica, o chefe da seção deve ter conversado com todos os operadores sobre o trabalho que está sendo desenvolvido, explicando quem está participando do trabalho e como os demais serão envolvidos. Neste ponto também deve ser explicada a importância de realizar as atividades em ritmo normal, quando cronometrados, a fim de padronizar as atividades, se as atividades forem realizadas mais rápido que o normal causará fadiga nos operadores, caso contrário, se for muito lento estará incluindo desperdícios.

É importante salientar que quando pessoas são observadas trabalhando, é natural que fiquem inibidas ou receosas de que estão sendo criticadas, demora um tempo para que as pessoas se acostumem e entendam o fundamento do trabalho. Portanto é importante a realização de um esclarecimento por parte da equipe de trabalho e de seus supervisores para que não haja diferenciação entre os tempos tomados e os tempos realmente necessários para realizar as atividades, todos os trabalhadores devem ter consciência da importância do trabalho.

Cada elemento de trabalho deve ser cronometrado diversas vezes, o indicado pela literatura é cronometrar pelo menos 10 vezes cada elemento de trabalho. Para a realização desta pesquisa, foi definido o número de 10 vezes para cada elemento de trabalho. Em alguns casos, quando não havia diferença nos primeiros tempos cronometrados, o número de tomadas de tempo foi reduzido. Nos casos de atividades acíclicas, como *setup* por exemplo, o número de tomadas de tempo também foi inferior, algumas vezes a atividade foi realizada apenas para a tomada de tempo, por ser uma atividade que não é realizada com frequência.

Além disso, o operador cronometrado é um operador experiente na função, que conhece todos os elementos de trabalho. Porém nem sempre o mesmo operador é utilizado, podendo variar de pessoa

dependendo do dia. Assim sendo, diferentes tempos são obtidos, sendo utilizado a média encontrada entre os tempos.

Neste processo, além de tomar o tempo das atividade manuais e do tempo de carga e descarga das máquinas, também é levantado o tempo de ciclo de cada máquina. É importante que o tempo de ciclo da máquina seja separado do tempo do operador, pois não se deve considerar que o operador espera a máquina trabalhar, podendo realizar outras atividades enquanto a máquina opera. Por exemplo, se um trabalhador demora 10 segundos para carregar a máquina, que possui ciclo de 30 segundos, e mais 5 segundos para acioná-la, o tempo de trabalho da pessoa será de 15 segundos e não de 45 segundos.

No preenchimento dos tempos na lista de atividades, além dos tempos tomados, é preenchida a frequência com que a atividade é realizada a fim de obter o tempo relativo da atividade por peça. Ou seja, se uma atividade demanda 20 segundos e é realizada a cada 10 peças (como um processo de medição para garantia da qualidade, por exemplo), o tempo relativo desta atividade por peça é de 2 segundos. A Tabela 3.3 apresenta a lista de atividades preenchida com os tempos e frequências para cada uma das atividades.

Após todos os tempos tomados, o time de trabalho retorna à sala de reunião para revisar a lista de atividades com a finalidade de verificar se nenhum item foi esquecido, ou se ainda existe alguma atividade acíclica que não foi realizada durante as medições. Para finalizar esta etapa, os seguintes itens são avaliados:

- Foram descritas todas as atividades dentro de cada operação;
- Foram avaliados os tempos de cada atividade e indicados na lista de atividades;
- Foi calculado o tempo total do trabalho manual, que é igual à soma dos tempos de todas as atividades manuais listadas (somatório da coluna obtida pela divisão do tempo cronometrado pela frequência com que a atividade é realizada). O tempo da máquina é avaliado, porém não é contabilizado na soma das atividades. As atividades acíclicas são avaliadas separadamente, pois não serão realizadas dentro do ciclo do operador.

	Tempo cronometrado	Número de Peças/atividade	Tempo/Peça
Atividades	Tempo (s)	Freq.(pç)	Ciclo (s)
<b>Retificar faces do arrastador</b>			
Pegar peças no flow-rack	6	200	0,03
Alimentar máquina	3	1	3,00
Retificar faces do arrastador	17	2	8,50
Medir simetria	12	5	2,40
Medir espessura	12	10	1,20
Calibrar Instrumentos	30	50	0,60
Liberação de caderno	180	5570	0,03
Medir Rz	66	5570	0,01
Medir dureza	600	5570	0,11
Preencher registro de dureza	55	5570	0,01
Troca de rebolo	1800	117000	0,02
Buscar rebolo (armário da célula de rasgos)	77	117000	0,00
Ajusta após troca de rebolo	900	117000	0,01
Preencher caderno de execução	8	200	0,04
Preencher cartão de refugo	10	1850	0,01
Fechar caderno de liberação	15	5570	0,00
<b>Tamborear Pistões</b>			
Abastecer a máquina	28	200	0,14
Trocar chips (pedras)	1200	83550	0,01
Buscar chips no preset	600	83550	0,01
Descartar chips	600	83550	0,01
Buscar adesol (sabão)	438	11000	0,04
Trocar adesol	600	11000	0,05
Preencher cartão de execução	8	200	0,04
Tamborear pistões	1200	200	6,00
Colocar peças no suporte	95	100	0,95

Tabela 3.3 – Lista das atividades com os tempos e frequências. Fonte:  
Elaborado pela autora (2010).

### Passo 5: Cálculo do Número de Operadores

Esta é a etapa mais difícil para tratar com os operadores, pois influencia diretamente no trabalho que eles realizam. Primeiramente foi definido na reunião inicial que nenhum trabalhador poderia ser demitido como consequência do trabalho padronizado. Porém já era sabido que havia um número de trabalhadores maior do que o necessário. Foi acordado então, que este excesso de mão de obra seria deslocado para outros setores da fábrica que estavam em crescimento, ou para um novo produto que estava sendo implantado no mesmo local. Tão importante quanto esta decisão, é a divulgação destes fatos para todos os 333 funcionários envolvidos, para não haver resistência ao trabalho padronizado.

A Figura 3.7 apresenta um cálculo do número do operadores realizado em um *flip chart* pela equipe de trabalho para aplicar o conceito na célula estuda visando um melhor entendimento para o time de trabalho.

CÁLCULO Nº OPERADORES

→ TEMPO TOTAL TRABALHO  
MANUAL = 97.9 s

→ TEMPO CICLO PLANEJADO = 15.1 s

$$\text{Nº OPERADORES} = \frac{\text{TEMPO TOTAL TM}}{\text{CICLO PLANEJADO}}$$

$$\frac{97.9 \text{ s}}{15.1} = 6.5 = 7 \text{ OPERADORES}$$

Figura 3.7 – Cálculo do número de operadores. Fonte: Foto tirada pela autora (2008).

Para calcular o número de operadores necessários para a célula, são considerados o tempo total de trabalho manual (definido na etapa anterior) e o tempo de ciclo planejado. Assim sendo, o número de operadores é dado por:

$$\text{Número de operadores} = \frac{\text{Tempo total de trabalho manual}}{\text{Tempo de ciclo}} \quad (\text{eq. 3.1})$$

É importante observar e deixar claro para os envolvidos que o cálculo do número de operadores dá uma primeira aproximação do número mínimo de operadores necessários para operar a linha em capacidade total. Linhas com postos de trabalho em pé/sentado não permitem a transferência de conteúdos de trabalho entre postos. Este estado cria mais tempos de espera (desperdício) e consequentemente, necessita-se de mais operadores na linha. Já linhas com postos de pé/andando, permitem uma alocação flexível do conteúdo de trabalho para os operadores. Além disso, quanto menores os elementos de trabalho, os conteúdos podem ser melhor distribuídos e combinados sem tempo de espera para os operadores.

### **Passo 6: Gráfico de Balanceamento de Operadores do Estado Atual**

O gráfico de balanceamento do operador do estado atual deve mostrar como os trabalhadores estão trabalhando antes da padronização e deve refletir a realidade do chão de fábrica. As seguintes informações são expostas nesta etapa:

- Mostra o balanceamento da linha;
- Mostra o conteúdo de trabalho do funcionário;
- Mostra as sequências de trabalho para todos;
- Provê informações visuais do estado atual.



Para contruir este primeiro GBO os seguintes dados são necessários:

- *Takt time* do cliente;
- Tempo de ciclo planejado;
- Número de operadores trabalhando na célula;
- Descrição das atividades atuais de cada operador;
- Tempo total das atividades para cada operador.

Para obter o tempo total das atividades de cada operador (HD), utiliza-se a lista de atividades confeccionada anteriormente, onde o tempo de cada atividade listada é distribuída entre os operadores de acordo com as atividades que cada um realiza normalmente.

A Figura 3.8 apresenta um exemplo de GBO do estado atual, com a distribuição das atividades da célula entre 10 operadores (HDs). Na figura pode-se perceber que há uma distribuição desigual de atividades entre os operadores, ou seja, as atividades nesta célula estão desbalanceadas.

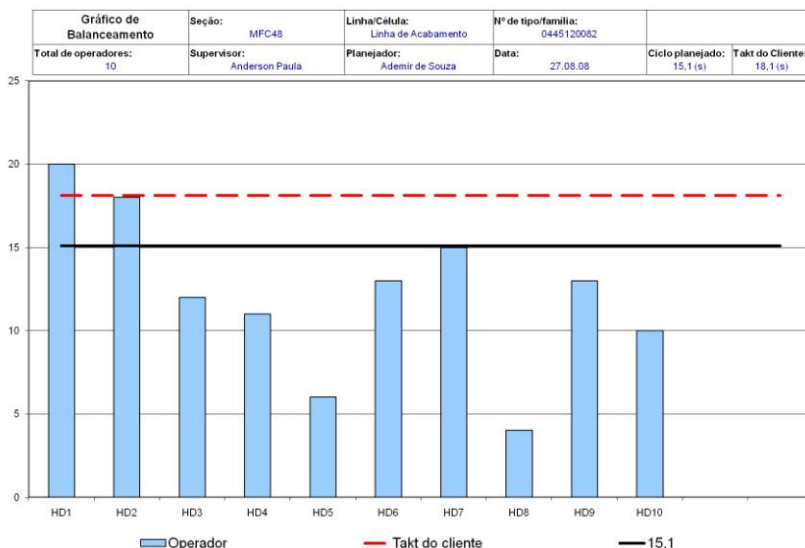


Figura 3.8 - Gráfico de balanceamento do operador do estado atual. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Através da análise da Figura 3.8 nota-se que os operadores 1 e 2 se apresentam sobrecarregados com as atividades que executam, não sendo possível para estes cumprir com o tempo de ciclo planejado (sendo que o operador 1 não consegue cumprir nem mesmo o *takt time* do cliente). Já os operadores 5 e 8 são os que apresentam maior folga. Neste último caso os operadores podem estar tendo tempo livre entre as operações ou pode haver desperdícios embutidos nas operações que executam.

### **Passo 7: Gráfico de Balanceamento de Operadores do Estado Futuro**

O gráfico de balanceamento do operador do estado futuro é feito para adequar o balanceamento dos operadores, ajustando os tempos ao tempo de ciclo planejado, visando um balanceamento ideal da célula. Para tanto, a mesma distribuição das atividades realizada anteriormente é feita, porém desta vez deve-se analisar qual a melhor distribuição para respeitar o tempo de ciclo planejado e utilizando o número de operadores calculados.

Esta nova configuração é realizada com todo time de trabalho, respeitando principalmente as ideias dos operadores, que conhecem melhor o trabalho e o leiaute da célula. É importante respeitar os limites físicos do leiaute, pois nem sempre as atividades podem ser distribuídas apenas considerando o tempo cronometrado. Outro fator a ser observado é que nem sempre é possível operar a célula com o número de operadores calculados, algumas vezes por imposição da própria atividade (que pode exigir uma pessoa fixa, por exemplo) ou do leiaute (grandes distâncias entre as operações), necessita-se de mais operadores do que o número calculado.

Nesta etapa deve-se observar que:

- Para cada nível de capacidade ( tempo de ciclo e *takt time*) há um número diferente de operadores;
- Para cada nível de capacidade o conteúdo de trabalho (derivado da lista de atividades) deve ser redistribuído sobre o número de operadores;
- Para cada nível de capacidade existe um diferente ciclo de trabalho e uma correspondente divisão de seu conteúdo;

- A distribuição do trabalho resulta da análise paralela de conteúdos de trabalho bem como de uma combinação de seu respectivo leiaute.

Para contruir o segundo GBO os seguintes dados são necessários:

- *Takt time* do cliente;
- Tempo de ciclo planejado;
- Número de operadores calculado;
- Descrição das atividades planejadas para cada operador;
- Tempo total das atividades de cada operador.

A Figura 3.9 apresenta o exemplo apresentado anteriormente e o resultado da nova distribuição das atividades, desta vez distribuídas entre 8 operadores.

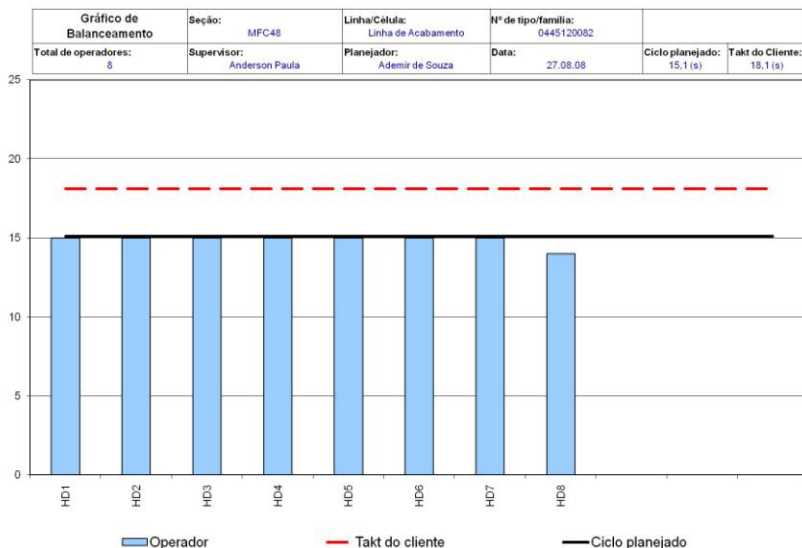


Figura 3.9 - Gráfico de balanceamento dos operadores do estado futuro. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Analisando a figura pode-se perceber que todos os operadores estão carregados igualmente, tendo sido realizado a distribuição das atividades igualmente entre os operadores. Nesta configuração todos os operadores conseguem respeitar o tempo de ciclo planejado e conseqüentemente conseguem atender à demanda do cliente. Além do balanceamento da célula houve a liberação de 2 pessoas que podem ser utilizadas em outra área e os 8 operadores que trabalham nesta célula conseguem trabalhar de uma maneira em que o produto flui de uma forma mais suave entre as operações.

### 3.2.4 Etapa 4: Simulação

Quando concluído o GBO do estado futuro, o gerente do produto é chamado para apresentação dos resultados obtidos. Cabe a ele aprovar a nova configuração ou propor outras soluções. Se a proposta não for aprovada, deve-se redistribuir as atividades entre os operadores novamente, a fim de conseguir uma configuração mais adequada, que atenda às necessidades expostas pelo gerente. Sendo a proposta aceita, deve-se realizar a simulação na célula com todos os operadores requeridos na nova configuração, com o intuito de aprovar definitivamente o estudo realizado.



Figura 3.10 - Estado atual *versus* simulação da nova configuração. Fonte: Fotos tiradas pela autora (2008).

A simulação deve ser realizada durante o período normal de trabalho, visto que a configuração elaborada atende a todas as exigências para a produção fluir normalmente. A simulação é realizada por algumas horas, de acordo com a necessidade de cada célula e é monitorada pelo chefe da seção, que participou do *workshop* e acompanha todos os envolvidos na simulação de perto. A Figura 3.10 apresenta uma célula de trabalho em dois momentos, antes da proposta (estado atual) e a realização da simulação (estado futuro).

Se durante a simulação ocorrer algum problema que não foi percebido no desenvolvimento da proposta, o time e trabalho volta a se reunir para sanar os imprevistos. Caso ocorra tudo normalmente, a proposta é aprovada por definitivo e passa a ser o novo padrão de trabalho para a célula. Cabe aos operadores que participaram do *workshop* e ao chefe da seção passar os novos padrões aos operadores que não puderam acompanhar o desenvolvimento da nova configuração.

### **3.2.5 Etapa 5: Documentação**

A etapa dos estudos e análises termina com a aprovação da proposta por parte do gerente do produto e com a simulação na célula. A etapa seguinte se refere à documentação necessária que deve ser exposta no início da célula e nos postos de trabalho e deve ser de conhecimento de todos que nela trabalham. Esta documentação apresentada é documentação adotada pela empresa onde o estudo foi realizado, sendo possível a utilização de outros documentos. Os documentos necessários são os seguintes:

- Instrução de Trabalho Padronizado (ITP);
- Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO);
- Gráfico de sequência de trabalho de cada operador (StAB); e
- Leiaute da sequência da atividade de trabalho de cada operador.

A documentação do trabalho padronizado envolve os postos de trabalho, os operadores e o leiaute. O primeiro documento necessário é a instrução de trabalho padronizado, conhecido como ITP. A ITP é disposta no posto de trabalho e cada posto deve possuir sua ITP. A ITP descreve as sequências necessárias e padronizada da operação, da

estação de trabalho ou da máquina. Neste documento o operador encontrará a descrição detalhada do processo que deverá executar. Informações de qualidade, de ergonomia e outras informações adicionais poderão estar anexadas, de acordo com a necessidade de cada posto de trabalho.

A intenção da ITP é mostrar o fluxo de trabalho padrão no posto ou na máquina. Para sua validação o documento deve passar pelo controle da segurança de trabalho, onde serão avaliados dados relativos à ergonomia e segurança para a realização das atividades descritas no posto de trabalho. Estando tudo conforme, o documento recebe um carimbo e está apto a ser disposto no local de trabalho. A Figura 3.11 apresenta um modelo de ITP utilizado na empresa onde este estudo foi realizado, porém outros modelos de ITP (como de mão direita, mão esquerda) são muito utilizados.

O segundo documento exigido pelo trabalho padronizado é o gráfico de balanceamento do operador (GBO). Este documento é exibido na entrada da célula e contém dados do *takt time*, tempo de ciclo planejado e conteúdo de trabalho de cada um dos operadores da célula. O GBO apresentado no início da célula é o mesmo documento apresentado e explicado no item 2.4.12, portanto não será apresentado aqui novamente.

O documento seguinte é o gráfico de sequência de trabalho, conhecido como StAB, sendo feito um para cada operador. O StAB oferece a descrição da sequência de trabalho para cada um dos operadores em todas as estações que este trabalha, incluindo tempos de deslocamento e tempos de ciclos para processos automáticos. Ou seja, descreve a sequência de atividades para um operador, apresentando o gráfico de percurso do mesmo.

As atividades de cada operador necessárias para a construção do StAB, bem como os tempos necessários para cada atividade, são retirados da lista de atividades. A Figura 3.12 apresenta um exemplo de StAB.

## Instrução de Produção e Qualidade

Sequência de Trabalho Padronizado				
Nº	Atividade			
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				









Informações de Qualidade (Matriz QA)				
Descrição do Defeito	Observação	Origem	Deteção	Limite de resposta da Intervenção

Dados de Tempo (Balanceamento)		
Ciclo Planej da atividade (s)	Pçs/h	Pçs/Turno
		e min / Turno

**Durante o turno**

Peligo	Dano	Controle Operacional (Medida de Contenção)						
	Fadiga Lombalgia							

A cada 1 hora parar 3 minutos para Micropausa Ativa  
Manter o Alongamento por 30 s para cada movimento

Dados Organizacionais			
Macro-Processo	Processo Chave		Produto
Nº operação	Descrição da operação		
Supervisores	Planejador PD	Data	Pagina

Figura 3.11 – Documento de instrução do trabalho padronizado (ITP). Fonte: Dados da empresa (2008).

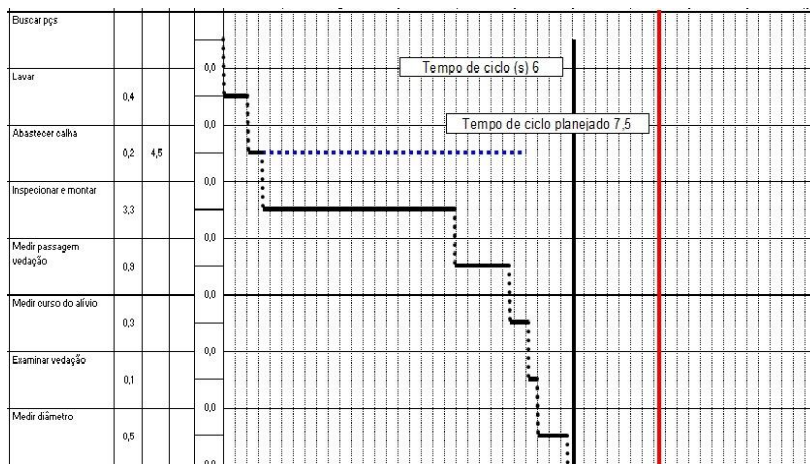


Figura 3.12 - Gráfico de sequência de trabalho (StAB). Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Neste documento, a primeira coluna apresenta a descrição das atividades realizadas pelo operador, a segunda coluna apresenta o tempo despendido em cada uma das atividades manuais e a terceira coluna contempla os tempos relativos às máquinas. Estes dados geram o gráfico de atividades e deslocamento para o operador.

No gráfico a linha vertical vermelha indica o tempo de ciclo planejado (neste exemplo, de 7,5 segundos) e a linha vertical preta indica o tempo de ciclo do operador (neste exemplo de 6 segundos). A linha horizontal pontilhada azul representa a existência de uma operação em uma máquina, representa o tempo que a máquina leva operando e é independente do operador. As linhas cheias horizontais pretas representam as atividades do operador, cada linha representa uma atividade e seu tamanho é relativo ao tempo gasto com esta atividade. E por fim, as linhas pontilhadas pretas são relativas ao deslocamento do operador entre as atividades.

Os documentos de StAB são expostos juntamente com o GBO no início da célula e devem ser alocados em uma pasta, pois frequentemente existirá mais de um StAB por célula, visto que cada operador possui um.

Para finalizar a documentação é necessário o leiaute da sequência da atividade de trabalho de cada operador. Este documento mostra a



disposição física dos equipamentos e bancadas na célula e apresenta de forma gráfica os ciclos de trabalho de todos os operadores. Um exemplo deste documento está apresentado na Figura 3.13. Neste exemplo pode-se observar a existência de 3 operadores em uma célula com 6 postos de trabalho, onde o operador 1 trabalha nos postos 1 e 2 e dispõe os produtos no posto 3; o operador 2 trabalha nos postos 3 e 4 e dispõe os produtos no posto 5; e o operador 3 trabalha nos postos 5 e 6 e dispõe os produtos acabados na bancada final.

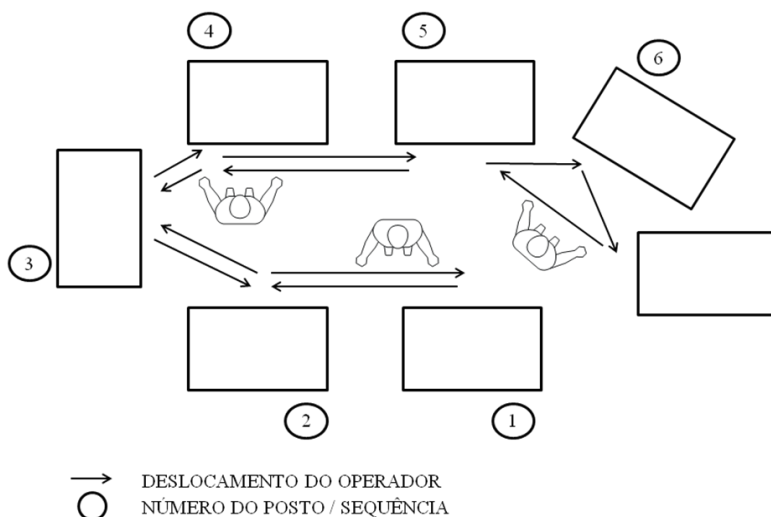


Figura 3.13 - Documento do leiaute do trabalho padronizado. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Como mencionado anteriormente, a ITP fica localizada em cada posto de trabalho ou máquina e os demais documentos ficam localizados no início de cada célula em um quadro representado na Figura 3.14. Neste quadro o leiaute é exposto em formato A1, exposto no alto do quadro, embaixo do lado esquerdo o GBO, em formato A3 e do lado direito a pasta com o StAB de cada operador, também em formato A3.

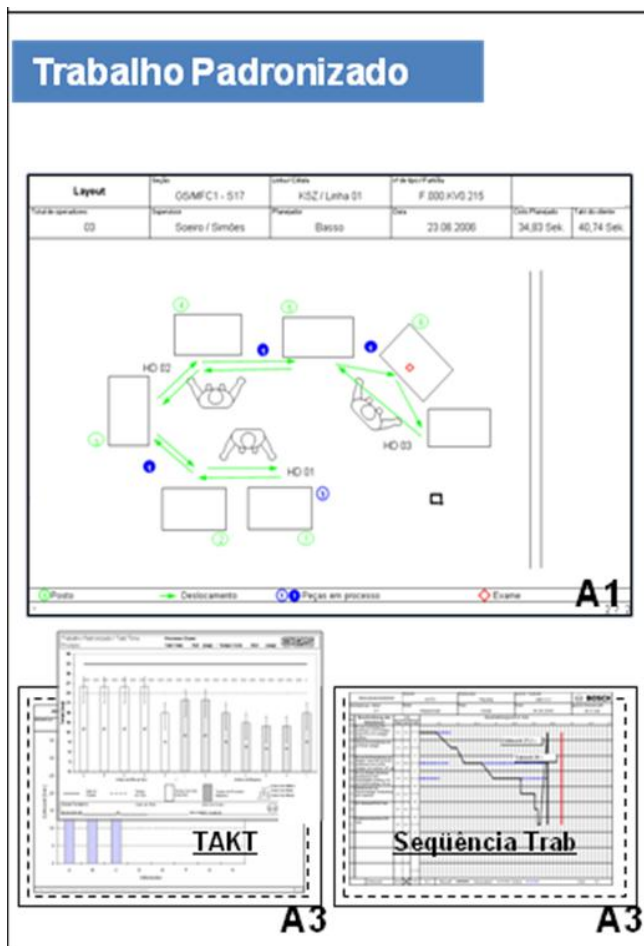


Figura 3.14 - Quadro de trabalho padronizado com a documentação. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Todos os documentos devem ser de conhecimento de todos os operadores, chefes, planejadores e envolvidos com o produto, pois fazem parte do trabalho padronizado e funcionam como um espelho do trabalho que está sendo realizado na célula. Estes documentos são válidos para a capacidade atual de cada célula, havendo mudanças nas

capacidades ou na demanda, novas configurações podem ser exigidas havendo necessidade de refazer a documentação.

### **3.2.6 Etapa 6: Treinamento dos Operadores**

Para garantir a constância da qualidade e o fluxo contínuo das peças é necessário a realização de treinamentos para todos os operadores da célula. Durante o treinamento os operadores devem entender a importância de realizar as operações da mesma maneira. Isto não significa que um novo modo de trabalho não possa ser sugerido pelos operadores e implantado para todos os turnos, mas sim que estas alterações devem ser feitas de maneira controlada.

O treinamento do trabalho padronizado contempla o conceito, a aplicação prática e o método para implantação da ferramenta. O treinamento dos operadores respeita os seguintes pontos:

- O treinamento dos operadores deverá ser realizado no local de trabalho;
- O material a ser utilizado serão os documentos de trabalho padronizado da seção;
- Este treinamento deverá abranger todos os movimentos e atividades que serão realizados por cada um dos operadores; e
- Cada operador deverá ser treinado individualmente no(s) processo(s) em que o mesmo atuará.

Para finalizar o processo da pesquisa-ação, o último passo consiste na fase de avaliação que engloba os resultados obtidos com a utilização da ferramenta de trabalho padronizado e a avaliação deste estudo. Os resultados obtidos estão apresentados no Capítulo 4 e a avaliação do estudo e considerações finais serão abordados no Capítulo 5.



## 4 ANÁLISE DOS DADOS

Este trabalho apresenta como proposta a implantação da ferramenta de trabalho padronizado em uma empresa de grande porte do ramo automotivo. Como apresentado anteriormente, o estudo foi realizado ao longo do sistema produtivo, somando um total de 39 células de manufatura. Por ser um trabalho extenso e com grande quantidade de dados, neste capítulo serão apresentados dois exemplos para o entendimento do método utilizado e dos resultados obtidos.

Os exemplos analisados foram selecionados por apresentarem características distintas entre si. O primeiro exemplo apresenta uma célula de usinagem, operando em três turnos, composta por máquinas pouco automatizadas e com pouco trabalho manual, onde os operadores executam tarefas acíclicas prejudicando o ritmo da produção. Já o segundo exemplo apresenta uma célula operando em um turno, composta basicamente de trabalho manual, processando produtos distintos, havendo a necessidade de trabalhar com percentuais dos produtos e tempos a fim de padronizar o trabalho. As demais células terão os resultados apresentados resumidamente com a finalidade de analisar os ganhos totais obtidos.

A produtividade adotada e analisada ao longo deste trabalho é referente à relação entre produtos produzidos e pessoas utilizadas (recursos), sendo obtida através da divisão da demanda diária pela quantidade de recursos consumidos (homem-hora).

### 4.1 EXEMPLO 1

O primeiro exemplo apresentado é referente a uma célula que opera em 3 turnos, com 6 operadores por turno, responsável pela preparação de uma peça a ser usinada. A célula conta com 8 postos de trabalho, cada um relacionado com uma máquina, portanto esta célula é composta basicamente por máquinas (pouco ou não automatizadas).

De acordo com o método de trabalho padronizado, a primeira etapa condiz com a formação da equipe de trabalho. Para este estudo, a equipe consiste em: um representante da manufatura enxuta, o planejador do produto estudado, um estagiário, 2 supervisores da produção e 3 operadores, cada um representando um turno.

Tendo a equipe formada, a segunda etapa é o treinamento da equipe com os conceitos do trabalho padronizado e a apresentação do roteiro a ser aplicado a fim de gerar a padronização (estes conceitos foram apresentados e detalhados no capítulo anterior). A terceira etapa então, condiz com a aplicação do roteiro para obtenção do trabalho padronizado, consistindo em 7 etapas e especificados a seguir.

O primeiro passo é o cálculo do *takt time*. Esta célula possui uma demanda mensal de 113022 produtos, resultado em uma demanda diária do cliente de 5382 produtos. A célula opera em 3 turnos, portanto são 480 minutos para o primeiro e segundo turno e 360 minutos para o terceiro turno, totalizando 1320 minutos. Para calcular o tempo de ciclo, deve-se descontar as paradas planejadas, listadas a seguir:

- 135 minutos para refeições (60 minutos para o primeiro turno, 60 minutos para o segundo turno e 15 minutos para o terceiro);
- 30 minutos para *setup*;
- 45 minutos para manutenção preventiva;
- 30 minutos para reuniões de início de turno (10 minutos para cada turno); e
- 45 minutos para ginástica laboral (15 minutos por turno).

Descontadas as paradas planejadas e considerando ainda 98% de performance e 99% de qualidade, restam 1121 minutos para a produção. Com estes dados, o *takt time* obtido foi de 14,7 segundos e o tempo de ciclo planejado foi de 12,5 segundos. A Figura 4.1 ilustra a planilha de Excel utilizada para efetuar este cálculo.

Após a obtenção dos primeiros dados, os passos seguintes são a confecção da lista de atividades realizadas na célula e a cronoanálise destas atividades. A tabela apresentando os 8 postos de trabalho, com suas respectivas atividades, tempos das atividades, frequência com que a atividade é realizada e o ciclo correspondente de cada atividade por peça é exibida no Apêndice A deste trabalho. Deve-se observar que os postos de trabalho 1, 2 e 3 são apresentados uma única vez, pois nestes postos as máquinas, as atividades realizadas e os tempos tomados são idênticos.

As atividades listadas são classificadas como “tu” para atividades da máquina (onde o homem não precisa estar presente) e “tb” como atividades do homem. As atividades classificadas como “tu” não serão contabilizadas no somatório de atividades dos operadores. Além disso, as atividades grifadas foram classificadas como atividades acíclicas. No

estado atual as atividades acíclicas são realizadas pelo operador e estão contabilizadas dentro do ciclo de trabalho, porém estas atividades devem ser analisadas e na medida do possível devem ser transferidas para fora do ciclo no estado futuro.

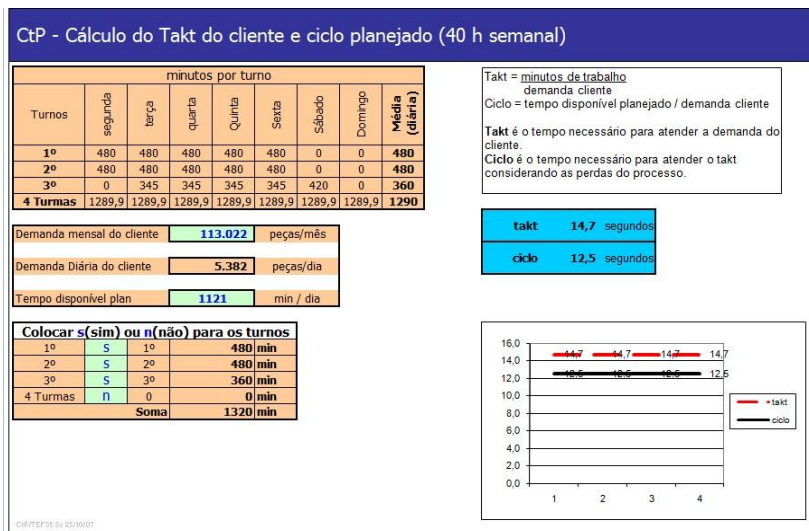


Figura 4.1 - Planilha utilizada para cálculo do takt time. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

Para o cálculo do número de operadores necessários para operar a célula deve-se dividir o tempo total de trabalho manual pelo tempo de ciclo. Neste exemplo o tempo de trabalho manual totalizou em 57,43 segundos. Com o tempo de ciclo de 12,5 segundos o número de operadores necessários calculado resultou em 4,6 operadores. Ou seja, 5 pessoas seriam suficientes para operar esta célula, que no estado atual opera com 6 pessoas por turno. Além disso, as atividades acíclicas devem ser retiradas do ciclo do operador, resultado em um tempo de trabalho manual menor, consequentemente reduzindo o número de operadores necessários na célula.

Com a construção do gráfico de balanceamento do operador do estado atual, apresentado na Figura 4.2, é possível visualizar o nível de ocupação de cada operador e também o nível de balanceamento desta célula.

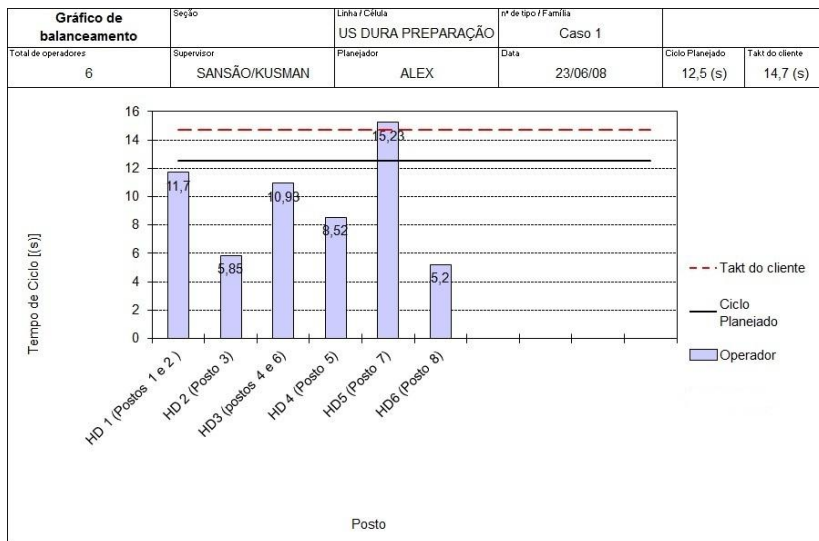


Figura 4.2 - GBO do estado atual para o exemplo 1. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

Analisando o GBO do estado atual, pode-se perceber que principalmente os operadores 2 e 6 (responsáveis pelos postos de trabalho 3 e 8) estão com a carga de trabalho abaixo do tempo de ciclo planejado, ou seja, estão com tempo livre ou executando atividades que não condizem com as atividades necessárias para a célula. No extremo oposto se encontra o operador 5 (responsável pelo posto de trabalho 7), que apresenta a carga de trabalho ultrapassando o tempo de ciclo e até mesmo o *takt time*, ou seja, o operador 5 não consegue atender à demanda do cliente, necessitando de ajuda para concluir o seu trabalho ou de horas extras para atender à demanda.

Outro ponto importante é que esta célula não apresenta balanceamento de suas atividades. A distribuição das atividades realizadas entre os operadores disponíveis é desigual, não propiciando um fluxo suave para a produção.

Com a confecção do GBO do estado atual o time de trabalho analisa os dados disponíveis a fim de elaborar uma proposta que apresente um melhor balanceamento das atividades na célula e com o número de operadores calculados anteriormente.



Neste exemplo, o primeiro ponto analisado foi em relação às atividades acíclicas. As atividades grifadas no Apêndice A foram retiradas do ciclo do operador e transferidas para o time de apoio e abastecimento que trabalha fora da célula e consequentemente fora do fluxo da produção. A retirada destas atividades resultou em diferentes tempos de trabalho manual para os operadores da célula. O somatório das atividades manuais resultante deste processo é denominado como atividades manuais do estado futuro é apresentado na Tabela 4.1.

Posto de Trabalho	Tempo (s)
Postos 1, 2 e 3	5,03
Posto 4	6,66
Posto 5	8,52
Posto 6	3,28
Posto 7	10,23
Posto 8	5,03
Total	48,81

Tabela 4.1 – Somatório das atividades manuais do estado futuro do exemplo 1.  
Fonte: Dados da empresa (2008).

Com o tempo total das atividades manuais sendo 48,81 segundos, o cálculo para o número de operadores resulta em 3,9 pessoas. Sem analisar os detalhes desta célula, poderia-se afirmar que 4 pessoas são suficientes para sua operação. Analisando os postos de trabalho e o conteúdo de trabalho de cada posto, concluiu-se que 5 pessoas serão necessárias para operar a célula. Este resultado se deve ao fato de que as atividades realizadas no posto de trabalho não podem ser divididas entre duas ou mais pessoas, dificultando o balanceamento ideal das operações, além disso, a célula é composta por máquinas pouco ou não automatizadas que influenciam na dinâmica do trabalho.

Deve-se salientar que este resultado poderia ser diferente se investimentos fossem feitos em relação às máquinas e ferramentas (principalmente com o carregamento e descarregamento das máquinas). Para citar um exemplo, no posto de trabalho 7 a quarta atividade listada (abastecer e desabastecer máquina) consome 8 segundos por peça, ou seja, consome 64% do tempo de ciclo planejado de um operador.

A Figura 4.3 apresenta o gráfico de balanceamento do operador do estado futuro com um diferente balanceamento da célula e diferente

nível de carregamento dos operadores. Pode-se notar na figura que a configuração proposta pelo time de trabalho apresenta uma melhor distribuição das atividades entre os operadores, além de favorecer o balanceamento das operações. Nesta configuração são utilizados 5 operadores na célula, havendo liberação de uma pessoa por turno, no total de 3 operadores.

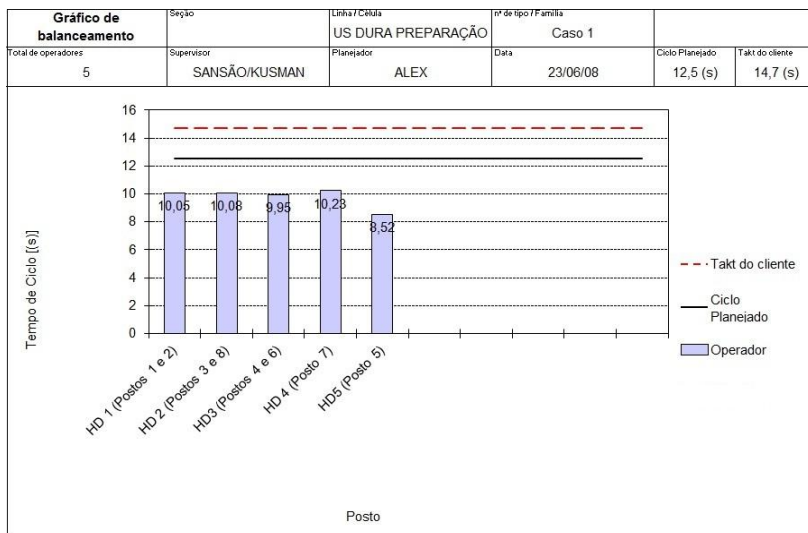


Figura 4.3 - GBO do estado futuro para o exemplo 1. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

Outro ponto analisado neste exemplo é o estudo de capacidade para a nova configuração da célula. Com 5 operadores na célula é desejável conhecer até que ponto pode-se atender à demanda do cliente utilizando esta padronização. Para isto, utilizou-se novamente o GBO com a finalidade de demonstrar a capacidade máxima da célula utilizando o trabalho padronizado desenvolvido. Este estudo de capacidade é apresentado na Figura 4.4.

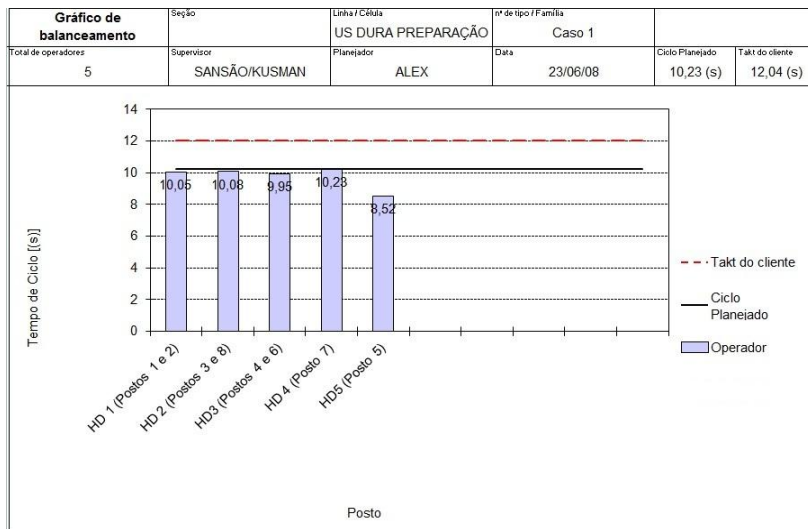


Figura 4.4 - Estudo de capacidade para o exemplo 1. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

Pode-se verificar no estudo de capacidade que a padronização adotada para esta célula atende a demanda de até 6574 produtos por dia, ou 138.054 produtos mensais. Estes dados conferem um resultado de *takt time* de 12,04 segundos e de ciclo planejado de 10,23 segundos, conforme ilustrado no GBO da Figura 4.4. Ou seja, a utilização desta padronização permite a produção de até 22,14% a mais do que é produzido atualmente, se demandado pelo cliente.

Com a apresentação da proposta de trabalho padronizado para os chefes e gerente do produto é realizada a simulação da configuração proposta na célula de trabalho. Após a aprovação da proposta são desenvolvidos os documentos do trabalho padronizado e são efetuados os treinamentos necessários para a utilização do trabalho padronizado. A Figura 4.5 apresenta o leiaute da célula estudada, com os respectivos postos de trabalho, operadores e percursos para realização dos conteúdos de trabalho dentro da célula.

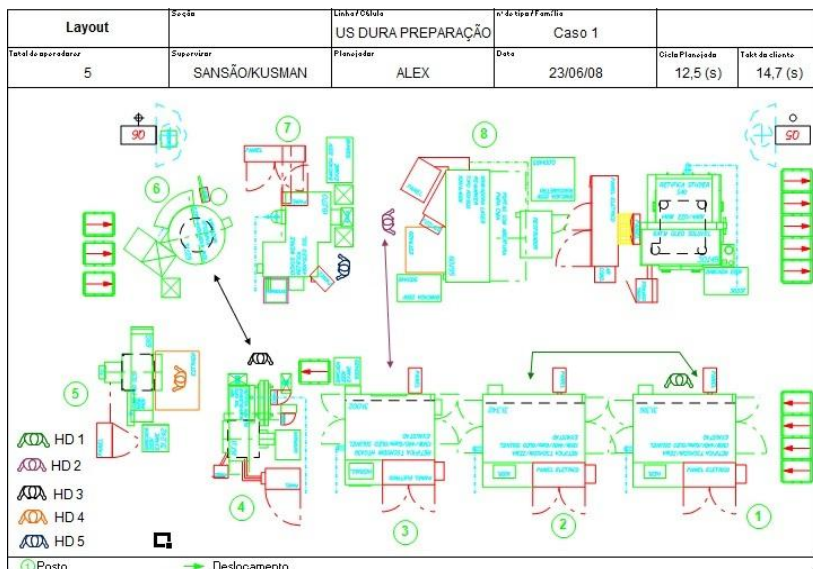


Figura 4.5 - Leiaute da célula para o exemplo 1. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

Para finalizar o exemplo 1, a Tabela 4.2 apresenta os dados e cálculos referentes à produtividade antes da padronização do trabalho. E a Tabela 4.3 apresenta os mesmos dados após a aplicação do trabalho padronizado.

Turno	Horas por turno	HD	Total Horas
1º	8	6	48
2º	8	6	48
3º	6	6	36
Total	22	18	132
		Demanda diária	5382
		<b>Produtividade</b>	<b>40,77</b>

Tabela 4.2 – Produtividade antes do trabalho padronizado, exemplo 1. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Turno	Horas por turno	HD	Total Horas
1°	8	5	40
2°	8	5	40
3°	6	5	30
Total	22	15	110
		Demanda diária	5382
		<b>Produtividade</b>	<b>48,93</b>

Tabela 4.3 - Produtividade após o trabalho padronizado, exemplo 1. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Como resultados para este exemplo têm-se:

- Liberação de uma pessoa por turno, no total de 3 operadores, o que resulta em 16,66% a menos de mão de obra na célula; e
- Aumento da produtividade de 40,77 para 48,93, resultando em um acréscimo de 20,01% .

## 4.2 EXEMPLO 2

O segundo exemplo apresentado se refere a uma célula que opera em apenas um turno, com 10 operadores, responsável pelo acabamento final da bomba em linha (produto final). A célula conta com 11 postos de trabalho, basicamente bancadas de trabalho, onde o trabalho realizado é em sua maioria manual e dependente da habilidade do trabalhador. Os funcionários desta célula possuem grande experiência no trabalho realizado e já trabalham na empresa por pelo menos 10 anos.

De acordo com o método de trabalho padronizado, a primeira etapa condiz com a formação da equipe de trabalho. Para este exemplo, a equipe de trabalho consiste em: um representante da manufatura enxuta, o planejador do produto estudado, um estagiário, o supervisor da produção e 2 operadores.

Como no primeiro exemplo apresentado, é realizado um treinamento da equipe com os conceitos do trabalho padronizado e a apresentação do roteiro a ser aplicado a fim de gerar a padronização. A aplicação do roteiro para obtenção do trabalho padronizado, consistindo em 7 etapas é apresentada a seguir.

O primeiro passo é o cálculo do *takt time*. Esta célula possui uma demanda mensal de 3550 produtos, resultado em uma demanda diária do cliente de 169 produtos. A célula opera em 1 turno, portanto são 480 minutos disponíveis. Para calcular o tempo de ciclo, deve-se descontar as paradas planejadas, listadas a seguir:

- 60 minutos para refeição;
- 5 minutos para *setup*;
- 5 minutos para manutenção preventiva;
- 10 minutos para reuniões de início de turno; e
- 15 minutos para ginástica laboral.

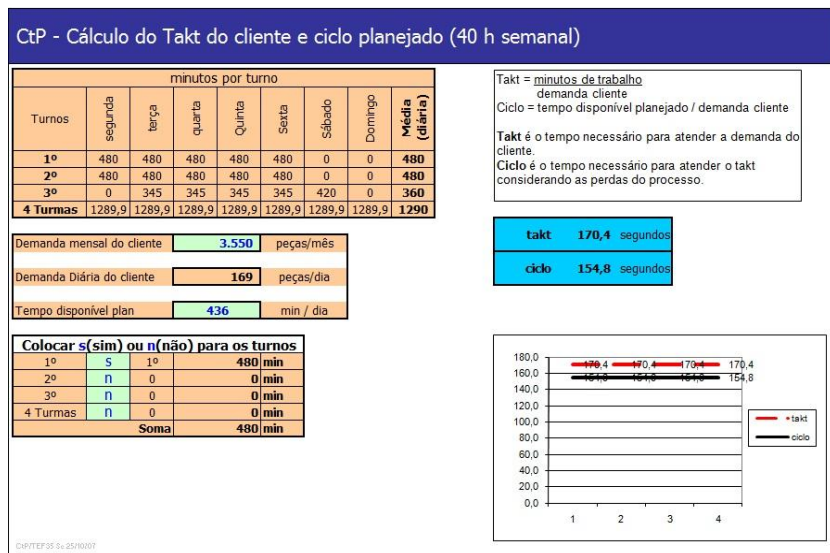


Figura 4.6 - Planilha utilizada para cálculo do *takt time*. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

Descontadas as paradas planejadas e considerando ainda 99% de performance e 99% de qualidade, restam 436 minutos para a produção. Com estes dados, o *takt time* obtido foi de 170,4 segundos e o tempo de ciclo planejado foi de 154,8 segundos. A Figura 4.6 ilustra a planilha de Excel utilizada para efetuar este cálculo.

A lista de atividades realizadas na célula e a cronoanálise das atividades são apresentadas no Apêndice B deste trabalho, com os 11 postos de trabalho e com suas respectivas atividades, tempos das atividades, frequência com que a atividade é realizada e o ciclo correspondente de cada atividade por peça. Novamente deve-se observar que as atividades estão classificadas como “tu” para atividades da máquina (onde o homem não precisa estar presente) e “tb” como atividades do homem. As atividades classificadas como “tu” não serão contabilizadas no somatório de atividades dos operadores.

Conforme a lista de atividades apresentada no apêndice B, os postos de trabalho 2, 3, 5, 6 e 8 apresentam duas descrições diferentes para relatar suas atividades. Esta diferenciação de atividades e/ou tempo se deve ao fato de existir uma diferença na execução das tarefas de acordo com o produto. Para padronizar o trabalho, deve-se então trabalhar com os tempos em percentuais, relativos às quantidades de produtos que passam por estas atividades, exemplificados a seguir:

- Posto de trabalho 2: Ocorre a montagem da flange no produto, porém em 20% dos produtos a flange é montada com engrenagem, em 5% dos produtos a flange é montada com cubo e os produtos restantes não passam por esta operação.
- Posto de trabalho 3: Apenas 20% dos produtos passam pelo teste de pressão e 5% dos produtos passam pelo bloqueio.
- Posto de trabalho 5: 65% dos produtos montam FP, enquanto os outros 35% passam apenas pela leitura do código de barras.
- Posto de trabalho 6: Existe uma diferença nos tempos para os produtos tipo A e tipo P, representando 50% de cada tipo naquela estação.
- Posto de trabalho 8: 60% dos produtos passam por um lacre intermediário (pois passarão por outras etapas posteriormente), enquanto os 40% restantes passam pelo lacre completo.

O número de operadores necessários para operar a célula é obtido através da divisão do tempo total de trabalho manual pelo tempo de

ciclo. Neste exemplo o tempo de trabalho manual totalizou 1075,1 segundos. Com o tempo de ciclo de 154,8 segundos o número de operadores necessários calculado resultou em 6,95 operadores. Ou seja, 7 pessoas seriam suficientes para operar esta célula, que no estado atual opera com 10 pessoas por turno.

A construção do gráfico de balanceamento do operador do estado atual, com a finalidade de gerar uma visualização melhor referente aos números apresentados, está exposta na Figura 4.7, onde é possível visualizar o nível de ocupação de cada operador e também o nível de balanceamento desta célula.

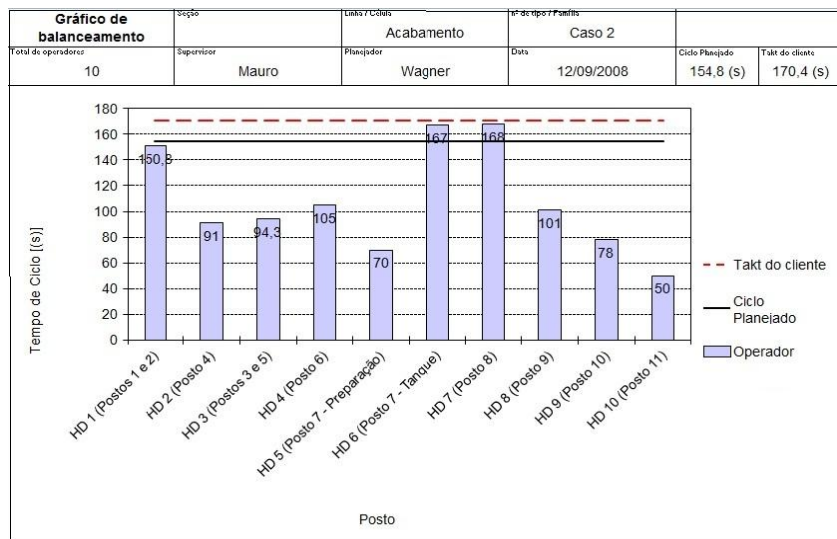


Figura 4.7 - GBO do estado atual para o exemplo 2. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

Através da análise do GBO do estado atual pode-se perceber que os operadores 2, 3, 4, 5, 8, 9 e 10 estão com a carga de trabalho abaixo do esperado, ou seja, possuem muito tempo para executar poucas atividades. Já os operadores 6 e 7 estão carregados além do devido, portanto necessitam de ajuda dos outros operadores ou precisam de horas extras para completar suas tarefas. Apenas o primeiro operador possui a carga necessária para o balanceamento e correta divisão das atividades entre os operadores.



Semelhante ao apresentado no exemplo 1, esta célula também não apresenta balanceamento de suas atividades. A distribuição das atividades realizadas entre os operadores disponíveis é desigual, não propiciando um fluxo suave para a produção.

Concluindo a etapa de confecção do GBO do estado atual o time de trabalho passa então a analisar os dados disponíveis a fim de elaborar uma proposta que apresente um melhor balanceamento das atividades na célula e com o número de operadores calculados anteriormente.

Através da análise dos postos de trabalho e do conteúdo de trabalho de cada posto, o time de trabalho concluiu que esta célula deverá operar com 8 pessoas. Este resultado se deve à impossibilidade de dividir o conteúdo total de trabalho entre o número de operadores calculados, devido a configuração do leiaute e dos postos de trabalho.

A partir destes resultados é gerado o gráfico de balanceamento do operador do estado futuro com um diferente balanceamento da célula e diferente nível de carregamento dos operadores, apresentado na Figura 4.8. Pode-se notar que a nova configuração proposta pelo time de trabalho apresenta uma melhor distribuição das atividades entre os operadores, com o carregamento de atividades mais próximo ao tempo de ciclo, além de favorecer o balanceamento das operações. Na configuração proposta são utilizados 8 operadores na célula, havendo liberação de 2 operadores.

A seguir está exposto uma breve descrição das atividades de cada operador para um melhor entendimento quanto à divisão das atividades:

- HD1: Responsável pelos postos 1 e 11, representando 79 segundo e 50 segundos respectivamente;
- HD2: Responsável pelo posto 2 (flange com engrenagem – 20% e flange com cubo -5%), representando 52,2 e 19,6 segundos. Também é responsável pelo posto 3 (teste de pressão – 20% e bloqueio – 5%), com adição de 12,8 e 24 segundos;
- HD3: Responsável pelos postos 4 (76 segundos) e 10 (78 segundos);
- HD4: Posto 4 (acoplar carcaça na bancada, retirar capa de proteção e retirar bujão superior) com 15 segundos, posto 5 (montar FP – 65%) com 53,3 segundos e posto 6 (aplicar torque – 50% tipo P) com 70 segundos;

- HD5: Posto 5 (leitura do código de barras – 35%) com o tempo de 4,2 segundos, posto 7 (preparação de pressurização) com 70 segundos e posto 7 novamente (verificação de vazamentos) representando 60 segundos;
- HD6: Responsável pelo posto 6 (torque em 50% tipo A) com 35 segundos e pelo posto 7 (finalizar o tanque de vedação) com 107 segundos;
- HD7: Posto 8 (lacre intermediário – 60%) com 96 segundos e posto 9 (vaselina, porca e proteção) com 27 segundos;
- HD8: Posto 8 (lacre completo – 40%) representando 72 segundos e o posto 9 com 74 segundos.

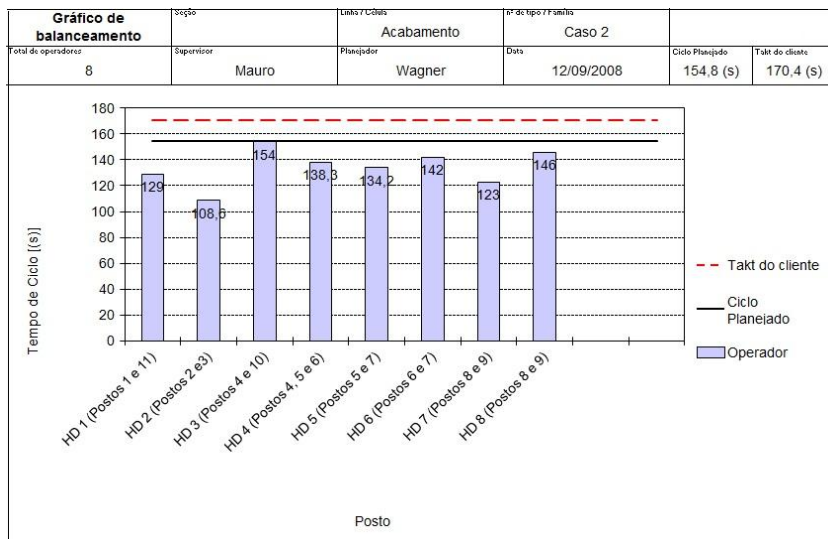


Figura 4.8 - GBO do estado futuro para o exemplo 2. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

No exemplo 1, apresentado anteriormente, foi realizado o estudo de capacidade da célula utilizando a configuração proposta a fim de conhecer até que ponto pode-se atender à demanda do cliente utilizando esta padronização. Neste exemplo o mesmo estudo não foi realizado pois o HD3 apresenta a carga máxima de trabalho permitida para atender ao cliente, ou seja, esta célula já opera com sua capacidade máxima para esta configuração (8 pessoas).

Com a conclusão dos estudos a proposta de trabalho padronizado desenvolvida é apresentada para os chefes e gerente do produto e é realizada a simulação da configuração proposta na célula de trabalho. Sendo aprovada a proposta são desenvolvidos os documentos do trabalho padronizado e são efetuados os treinamentos necessários para a utilização do trabalho padronizado. A Figura 4.9 apresenta o leiaute da célula estudada, com os respectivos postos de trabalho, operadores e percursos para realização dos conteúdos de trabalho dentro da célula.

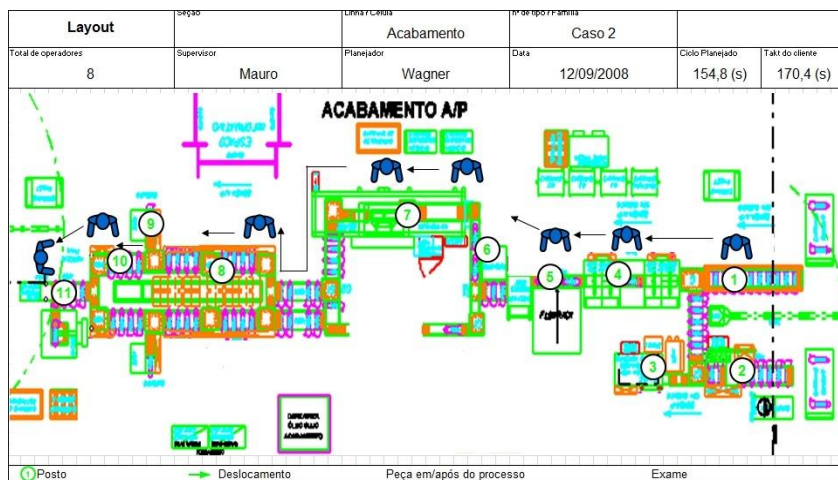


Figura 4.9 - Leiaute da célula para o exemplo 2. Fonte: Elaborado pela autora (2008).

A análise final deste exemplo, referente à produtividade obtida com a aplicação da ferramenta de trabalho padronizado é apresentada na Tabela 4.5, enquanto a Tabela 4.4 apresenta os mesmos dados antes da execução deste estudo.

Turno	Horas por turno	HD	Total Horas
1º	8	10	80
		Demanda diária	169
		<b>Produtividade</b>	<b>2,11</b>

Tabela 4.4 - Produtividade antes do trabalho padronizado, exemplo 2. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Turno	Horas por turno	HD	Total Horas
1º	8	8	64
		Demanda diária	169
		<b>Produtividade</b>	<b>2,64</b>

Tabela 4.5 - Produtividade após o trabalho padronizado, exemplo 2. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Como resultados para este exemplo tem-se:

- Liberação de dois operadores, o que resulta em 20% a menos de mão de obra na célula; e
- Aumento da produtividade de 2,11 para 2,64, resultando em um acréscimo de 25,12%.

A documentação do trabalho padronizado foi realizada pelo planejador responsável pela célula. Esta documentação segue os modelos apresentados no item 3.2.5 e não estão aqui expostas a pedido da empresa, por se tratar de documentos confidenciais.

#### 4.3 CONCLUSÕES E RESULTADOS DA IMPLANTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO

A apresentação dos dois exemplos demonstrou a aplicação da ferramenta de trabalho padronizado, onde houve redução na mão de obra utilizada, liberando operadores para outros setores e ganhos na

produtividade da célula. A Tabela 4.6 apresenta os resultados obtidos em relação à mão de obra utilizada para todas as 39 células onde o presente trabalho foi efetuado, onde a célula 6 representa o exemplo 1 apresentado anteriormente e a célula 26 representa o exemplo 2.

Célula	Demanda mensal	Takt time	Tempo de ciclo	Operadores Antes TP			Operadores Depois TP		
				T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	15000	40,3	35,8	6	2	0	3	3	0
2	2591	233,4	188,7	4	0	0	4	0	0
3	2591	233,4	188,7	2	0	0	2	0	0
4	77604	21,4	17	9	9	7	7	7	7
5	32546	37,2	31,6	4	4	1	3	3	3
6	113022	14,7	12,5	6	6	6	5	5	5
7	48112	37,9	31,3	5	5	5	5	5	4
8	120619	13,8	12	1	2	0	1	1	1
9	109200	15,2	13,3	3	3	2	3	3	2
10	122625	14,5	12,3	6	6	2	6	6	2
11	128250	13,9	12,1	7	5	0	5	5	2
12	75160	25	22,5	9	7	6	7	7	5
13	160000	10,4	8,6	13	13	13	13	13	13
14	117000	14,2	12,4	4	4	4	3	3	3
15	51000	23,7	20,2	1	1	0	1	1	1
16	61000	27,3	22,7	3	3	3	3	3	3
17	117000	10,3	9,1	2	2	0	2	2	0
18	160000	10,4	9,4	4	4	4	4	4	4
19	117000	10,3	9,1	5	5	0	4	4	0
20	117000	10,3	9,1	3	3	0	3	3	0
21	170000	7,1	5,6	3	3	0	3	3	0
22	170000	7,1	5,6	2	2	0	2	2	0
23	134374	9,6	8,3	3	3	0	3	3	0
24	170000	7,1	5,6	3	3	0	3	3	0
25	170000	7,1	5,6	4	4	0	4	4	0
26	3550	170,4	154,8	10	0	0	8	0	0
27	1544	391,8	336	10	0	0	8	0	0
28	1544	391,8	336	8	0	0	8	0	0

29	3975	333,3	299,8	10	0	0	9	0	0
30	2000	302,4	260,6	11	0	0	9	0	0
31	1600	378	328	7	0	0	7	0	0
32	2041	296,3	275,3	2	0	0	2	0	0
33	22530	26,8	24,9	2	0	0	2	0	0
34	3510	132,1	114,3	2	0	0	2	0	0
35	2249	268,9	249,8	1	0	0	1	0	0
36	14000	43,2	40,1	1	0	0	1	0	0
37	3000	201,6	187,3	2	0	0	2	0	0
38	1396	433,2	400,7	2	0	0	2	0	0
39	1326	456,1	423,7	1	0	0	1	0	0
			Soma	181	99	53	161	93	55
			Total	333			309		

Tabela 4.6 – Resultados da aplicação do trabalho padronizado quanto à liberação de mão de obra. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Analisando a Tabela 4.6 se pode verificar que as células 2, 3, 9, 10, 13, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 e 39 não apresentaram mudanças quanto ao número de operadores necessários para suas operações. Apesar de não haver mudanças relacionadas ao número de pessoas, a aplicação do trabalho padronizado nestes casos colaborou com:

- Melhor distribuição das tarefas executadas entre os operadores da célula;
- Balanceamento do trabalho realizado;
- Melhor fluxo de trabalho nestes locais;
- Padronização e documentação do trabalho realizado no local;
- Facilidade de detecção de problemas; e
- Facilidade para treinar funcionários quando necessário.

As células 5, 8 e 11 não apresentaram liberação de mão de obra, porém houve um remanejamento dos operadores entre os turnos com a finalidade de balancear a mão de obra utilizada, gerando um fluxo de trabalho constante e balanceado entre os turnos e entre as células adjacentes. Assim sendo, apesar de não haver uma redução no número de operadores necessários na célula, o trabalho padronizado nestes casos gerou ganhos na produtividade apresentados na Tabela 4.7.

Célula	Produtividade Antes TP	Produtividade Após TP	Ganho (%)
5	22,14	23,48	6,06
8	239,33	261,09	9,1
11	63,61	66,38	4,36

Tabela 4.7 – Resultados de ganho de produtividade para as células 5, 8 e 11.  
Fonte: Elaborado pela autora (2010).

As células 1, 4, 6, 7, 12, 14, 19, 26, 27, 29 e 30 apresentaram mudanças quanto ao número de operadores necessários para sua operação após a padronização do trabalho. Além dos ganhos em produtividade, exibidos na Tabela 4.8, também houve ganho em relação à distribuição das atividades entre os operadores, suavidade no fluxo das operações e melhor balanceamento da célula.

Célula	Produtividade Antes TP	Produtividade Após TP	Ganho (%)
1	11,16	14,88	33,33
4	19,87	23,99	20,73
6	40,77	48,93	20,01
7	20,83	22,03	5,76
12	21,82	25,20	15,49
14	66,31	84,41	27,30
19	69,64	87,05	25,00
26	2,11	2,64	25,12
27	0,93	1,16	24,73
29	2,36	2,63	11,44
30	1,09	1,33	22,02

Tabela 4.8 – Ganhos em produtividade com a padronização. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

A célula 15 apresenta peculiaridades e resultados distintos com a aplicação do trabalho padrão. Esta célula operava em 2 turnos, com 1 operador em cada turno antes do trabalho padronizado. Com a realização do estudo, verificou-se que constantemente havia necessidade de ajuda nesta célula ou horários extras de trabalho, pois os operadores não conseguiam produzir na mesma taxa que a demanda exigia. Assim sendo, o trabalho foi padronizado exigindo um operador extra no terceiro turno, com a finalidade de extinguir a necessidade de ajuda para realização do trabalho.

Para finalizar a etapa de análise dos dados pode-se concluir que:

- A aplicação do trabalho padronizado nestes processos produtivos gerou a liberação de 24 operadores (passando de 333 para 309 operadores), ou seja, diminuição de 7,2% em mão de obra;
- De 39 células analisadas 24 células (ou 61,5%) apresentaram ganhos referentes à melhor distribuição das atividades entre os operadores, melhor balanceamento da célula e fluxo das operações;
- De 39 células analisadas, 14 (ou 35,9%) apresentaram ganhos na produtividade, com valor médio de 19,89% e desvio padrão de 9,2. Onde o menor ganho obtido foi da célula 11, com 4,36% e o maior ganho ocorreu na célula 1, com 33,33%. Além dos ganhos em produtividade estas células também apresentaram os mesmos ganhos gerados nas 24 células anteriores;
- De 14 células que apresentara ganho na produtividade, 11 (ou 78,57%) geraram liberação de mão de obra para outros setores.
- Em termos gerais e com base na Tabela 4.6 pode-se concluir que a implantação do trabalho padronizado gerou ganho na produtividade de 8,3% em toda cadeia produtiva, como demonstrado na Tabela 4.9.



<b>Antes do Trabalho Padronizado</b>			
Turno	Horas por turno	HD	Total Horas
1°	8	181	1448
2°	8	99	792
3°	6	53	318
Total	22	333	2558
	Soma da demanda diária		125045
		<b>Produtividade</b>	<b>48,88</b>
<b>Após o Trabalho Padronizado</b>			
Turno	Horas por turno	HD	Total Horas
1°	8	161	1288
2°	8	93	744
3°	6	55	330
Total	22	309	2362
	Soma da demanda diária		125045
		<b>Produtividade</b>	<b>52,94</b>

Tabela 4.9 – Ganho geral de produtividade. Fonte: Elaborado pela autora (2010).

Assim sendo, pode-se afirmar que este trabalho atendeu às expectativas gerais quanto aos resultados obtidos, superando as expectativas quanto ao índice de contribuição, satisfação e motivação dos funcionários. No capítulo 5 serão apresentadas as conclusões e considerações finais.



## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho foi desenvolvido a partir da necessidade de gerar um processo mais competitivo, através do aumento da produtividade. Para tanto, decidiu-se implantar a ferramenta de trabalho padronizado, buscando estabilidade e transparência no sistema, bem como a redução de perdas, melhorias no processo e aumento de produtividade, iniciando também a inserção à manufatura enxuta.

Nesta abordagem foi possível desenvolver uma pesquisa sobre a manufatura enxuta, sua história e seus princípios. A análise teórica envolveu também o assunto de trabalho padronizado, apresentando seu conceito e conceitos relacionados ao mesmo, como a importância do fluxo contínuo, a produção puxada, células de trabalho, operadores multifuncionais, conceitos de *takt time* e tempo de ciclo, sequência de trabalho e elemento de trabalho, como definir atividades cíclicas e acíclicas, como é feito a análise dos tempos e movimentos, o que é tempo padrão, o que é o gráfico de balanceamento do operador e o conceito de produtividade.

Todos os conceitos estudados e apresentados ao longo da análise teórica deste trabalho são importantes para a aplicação da ferramenta de trabalho padronizado. O entendimento destes conceitos se faz essencial por estarem ligados à padronização ou por fazerem parte do processo de implantação da ferramenta. A análise teórica evidenciou os resultados práticos obtidos e possibilitou sua comparação com as projeções iniciais.

A caracterização da empresa onde o estudo foi realizado, bem como a caracterização do sistema de manufatura utilizado e do produto produzido foram importantes por explicitar as condições que a pesquisa foi realizada e para justificar os resultados obtidos com a padronização.

O método de trabalho padronizado utilizado nesta pesquisa foi apresentado em detalhes para obter um perfeito entendimento dos leitores, sendo essencial para a compreensão dos resultados obtidos. Durante a aplicação do método foi possível realizar o levantamento das atividades realizadas ao longo do processo produtivo, avaliar os desperdícios existentes nos processos e minimizá-los ou eliminá-los quando possível, além de coletar e avaliar os dados para implantar o estudo de tempos e movimentos. A partir destes dados foram gerados os

padrões para a produção e foi realizada a caracterização da produtividade.

O método implantado na empresa apresentou-se de maneira eficiente, indo de encontro com os objetivos iniciais traçados, apresentando ganho médio de produtividade de 8,3% no processo analisado. A aplicação do trabalho padronizado em todo o processo produtivo gerou a liberação de 24 operadores (passando de 333 para 309 operadores), ou seja, diminuição de 7,2% em mão de obra. De 14 células que apresentara ganho na produtividade, 11 células geraram liberação de mão de obra para outros setores. De 39 células analisadas, 14 células apresentaram ganhos na produtividade, com valor médio de 19,89% e desvio padrão de 9,2. Onde o menor ganho obtido foi 4,36% e o maior ganho 33,33%.

Através do estudo de caso foi possível caracterizar como uma empresa pode ser beneficiada em termos de aumento da produtividade, com a implantação da ferramenta de trabalho padronizado. Os ganhos obtidos também envolvem outros fatores como: melhor distribuição das tarefas executadas entre os operadores da célula, gerando um balanceamento no trabalho realizado e melhorando o fluxo de trabalho nestes locais, além de padronizar e documentar o trabalho realizado no local, facilitando a detecção de problemas e o treinamento de funcionários.

Apesar de obter os ganhos expostos acima, pode-se concluir que diferentes resultados poderiam ter sido alcançados com investimentos em equipamentos e automação de máquinas. Porém, é necessário esclarecer que o trabalho desenvolvido durante esta pesquisa é o primeiro ciclo para a padronização do trabalho na empresa, onde sua aplicação deve ser refeita quando houver mudanças na demanda, quadro de funcionários ou quando houver proposta de uma maneira mais eficiente para execução do trabalho. Ou seja, o trabalho padronizado não é uma ferramenta pontual e sim cíclica, onde para sustentar os resultados obtidos deve-se mantê-lo sempre atualizado.

Com o exposto, pode-se concluir que a partir do estado inicial encontrado no início deste trabalho os seguintes objetivos foram atingidos:

- Controle do conteúdo das atividades, das sequências e dos tempos pré-determinados para a realização do trabalho;
- Ferramentas requeridas bem definidas;
- Atividades que geram desperdício identificadas e minimizadas ou eliminadas;
- Fluxo claro do processo;
- Desvios dos tempos pré-determinados tornam-se visíveis;
- Material de treinamento padronizado; e
- Gestão visual do trabalho.

Considerando a aplicação do método estudado em uma situação real, pode-se afirmar que a presente dissertação atingiu os objetivos gerais e específicos propostos, além de ir ao encontro das questões relativas à pesquisa através da união dos elementos teóricos com as discussões práticas realizadas.

## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste ponto serão apresentadas as recomendações para futuros trabalhos sobre o tema, que foram identificadas durante a realização da pesquisa e na execução do estudo de caso.

1. Com o objetivo de analisar os resultados obtidos através da implantação do trabalho padronizado, o método utilizado nesta pesquisa poderia ser aplicado a empresas de diferentes setores, bem como no setor de serviços a fim de comparar o desempenho obtido;
2. A aplicação deste mesmo método em diferentes setores poderia gerar um levantamento das influências e peculiaridades de cada setor, analisando até onde as diferenças no processo podem influenciar nos resultados obtidos;
3. Um estudo semelhante a este pode ser desenvolvido, envolvendo pontos que não foram considerados no escopo deste trabalho (devido às características encontradas no estado inicial), como análise do *WIP* (*work in process*), por exemplo;

4. Novos estudos envolvendo o tema de trabalho padronizado podem ser desenvolvidos, tanto em relação ao método utilizado e resultados obtidos, como com diferentes abordagens, visto que existe uma carência de bons materiais sobre este assunto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. M. **Como preparar trabalhos para cursos de pós-graduação: noções práticas**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2004.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998.

BOUZON, M. **Apresentação: Produção Enxuta: Um modelo Toyota de sucesso**. Grupo de Estudos Logísticos – UFSC. Florianópolis, 2006. Disponível em: <<http://www.gelog.ufsc.br>>. Acesso em: 20 novembro 2009.

CAMAROTTO, J. A. **Projeto do Trabalho: Métodos, tempos, modelos, posto de trabalho**. Notas de aula. Universidade Federal de São Carlos, 2007.

COELHO, J. M.; GONZAGA, R. M. **Administração Científica de Taylor: O Homem do Tempo**. Administradores: O portal da Administração, 2007. Disponível em: <<http://www.administradores.com.br>>. Acesso em: 08 fevereiro 2010.

CONTADOR, J. C. **Gestão de Operações – A Engenharia de Produção a Serviço da Modernização**. 2 Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

CUSUMANO, M. A. **The Limits of “Lean”**. MIT Sloan Management Review, 1994. Disponível em: <<http://sloanreview.mit.edu>>. Acesso em: 06 novembro 2009.

DICK, B. **Action research and evaluation**. 1998. Disponível em: <<http://www.ariassociates.haverford.edu>>. Acesso em: 30 junho 2010.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HINES, P.. TAYLOR, D. **Going Lean. A guide to implementation.** Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK, 2000.

KEMMIS,S.. MC TAGGART, R. **The action research planner.** 3.Ed. Victoria: Deakin University, 1988.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Léxico Lean: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2007.

LEMONS, F. O. ANZANELLO, M. J. GUIMARÃES, L. B. M. WELTER, A. F. ABECH, M. P. **Eliminação de perdas produtivas pela implantação da manufatura celular.** XXV ENEGEP. Outubro 2005. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br>>. Acesso em: 10 outubro 2009.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J. K, MEIER, D. **O modelo Toyota: Manual de aplicação: Um guia prático para a implementação dos 4Ps da Toyota.** Porto Alegre: Bookman, 2007.

LOURENÇO JUNIOR, José. **O conceito de produção enxuta aplicado a uma indústria de manufatura não seriada: Uma proposta metodológica de implantação.** Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas) - Universidade de Taubaté. São Paulo, 2002.

MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. **Administração da produção.** São Paulo: Saraiva, 2006.

MAXIMIANO, A. C. A. **Da escola científica à competitividade na economia globalizada.** 2.Ed. São Paulo : Atlas, 2000.

MONDEN, Y. **Toyota production system: An integrated approach to just-in-time.** Japão: Engineering & Management Press, 1998.



NICHOLAS, J., **Competitive Manufacturing Management**. Chicago: McGraw-Hill, 1998.

NISHIDA, Lando T. **Reduzindo o “lead time” no desenvolvimento de produtos através da padronização**. Lean Institute Brasil, 2007. Disponível em: <<http://fabioiredin.com.br>>. Acesso em: 26 janeiro 2010.

O'BRIEN, R. **An overview of the methodological approach of action research**. 1998. Disponível em: <<http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>>. Acesso em: 30 junho 2010.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: Operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

RENÓ, Gesse W. S. **Proposta de um novo modelo de folha de instrução de trabalho – Um estudo de caso em uma empresa de eletrodomésticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

ROCHA, D. R. **Balanceamento de linha: Um enfoque simplificado**. Revista de Administração e Contabilidade, v. 2, n. 1. Fortaleza, 2005.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo: Um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. São Paulo, SP. Lean Institute Brasil, 2002.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SHINGO, S. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2.Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Universidade Federal de Santa Catarina, 3.Ed. Florianópolis, 2001.

SILVEIRA, A. O.; COUTINHO, H. H. **Trabalho padronizado: A busca por eliminação de desperdícios**. Revista INICIA, n. 8, p. 8-16. Santa Rita do Sapucaí, MG, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2.Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-Ação nas Organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Soluções Enxutas**. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2006.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 6.Ed. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Enxergando o Todo: mapeando o fluxo de valor estendido**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que mudou o mundo**. 2.Ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

ZAWISLAK, Paulo Antônio et al. **A produção enxuta e novos padrões de fornecimento em três montadoras de veículos no Brasil**. In: Anais do XXI Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. V. único. São Paulo, 2000.

ZILSTRA, K. **Distribuição Lean: A abordagem lean aplicada à distribuição, logística e cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ZIMMERMANN, C.C.. TILLHE, M.T.. BOTELHO, R.. FARIA, R, B. **O serviço “enxuto”**. Cadernos discentes COPPEAD, n.4, p.5-29. Rio de Janeiro, 2000.



## APÊNDICE A

Referente ao exemplo 1, descrito no Capítulo 4, item 4.1. No presente apêndice estão apresentados os 8 postos de trabalho, com suas respectivas atividades, tempos das atividades, frequência com que a atividade é realizada e o ciclo correspondente de cada atividade por peça para este caso.

<b>POSTOS 1, 2 E 3 - Retíficas</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Ciclo Automático	tu	23	1	23,00
Dressagem (a cada 50 peças)	tu	106	50	2,12
Pegar caixa de peças no flow rack	tb	34	200	0,17
Colocar 100 peças no suporte	tb	112	100	1,12
Retirar e colocar suporte na máquina	tb	51	200	0,26
Retirar peças do suporte da máquina e colocar no suporte da linha	tb	56	200	0,28
Medição de diâmetro e cilindricidade (1 a cada 20 peças)	tb	32	20	1,60
Medição batimento (a cada 40 peças)	tb	13	40	0,33
Levar peças para flow rack	tb	41	200	0,21
Pegar suportes vazios no tamboreador	tb	41	400	0,10
Preencher caderno de liberação e medir RZ (1 vez por turno)	tb	400	550	0,73
Preencher cartão	tb	67	200	0,34
Trocar rebolo (1 vez por mês)	tb	9000	38000	0,24
Trocar diamante dressador (a cada 15 dias)	tb	1200	19000	0,06
Ajustar paralelo (a cada 70 peças)	tb	16	70	0,23

Referenciar diamante à peça	tb	600	5382	0,11
Trocar apalpador (1 vez a cada 15 dias)	tb	1800	19000	0,09
Total por peça				5,85
<b>Posto 4 – Arrastador Automático</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Ciclo Automático	tu	13	1	13,00
Alimentação da máquina com manipulador	tu	3	1	3,00
Alimentar calha	tb	18	10	1,80
Desalimentar calha	tb	10	10	1,00
Medição (a cada 10 peças)	tb	25	10	2,50
Ajuste rebolo (4 vezes por turno)	tb	153	225	0,68
Preencher cartão	tb	14	100	0,14
Pegar peças no flow rack	tb	32	100	0,32
Preencher caderno e medir RZ (1 vez por turno)	tb	540	825	0,65
Medição dureza (1 vez por dia)	tb	780	5382	0,14
Pegar rebolo no preset	tb	240	10764	0,02
Pegar rebolo na ferramentaria	tb	240	10764	0,02
Trocar rebolo (1 a cada 4 dias)	tb	2400	10764	0,22
Total por peça				7,51
<b>Posto 5 – Arrastador Manual</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Ciclo Automático	tu	16	1	16,00
Alimentar e desalimentar	tb	4	1	4,00
Medição (a cada 10 peças)	tb	25	10	2,50
Ajuste rebolo (4 vezes por turno)	tb	153	225	0,68
Preencher cartão	tb	14	100	0,14
Pegar peças no flow rack	tb	32	100	0,32
Preencher caderno e medir RZ (1 vez por turno)	tb	540	825	0,65
Trocar rebolo (1 a cada 4 dias)	tb	2400	10764	0,22
Total por peça				8,52

<b>Posto 6 – Tamboreador</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Ciclo Automático	tu	720	100	7,20
Desabastecer	tu	420	100	4,20
Colocar peças para rebarbar: retirar do cesto e colocar no suporte	tb	240	100	2,40
Exame visual (a cada 100 peças)	tb	50	100	0,50
Trocar pedra	tb	1800	64500	0,03
Pegar sabão	tb	1200	10764	0,11
Alimentar bombona com sabão (1 vez por turno)	tb	600	1794	0,33
Solicitar limpeza do depósito de borra (1 vez por semana)	tb	600	26910	0,02
Limpeza do tanque	tb	600	26910	0,02
Total por peça				3,42
<b>Posto 7 – Rebaixo</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Ciclo Automático	tu	34	1	34,00
Dressagem (a cada 20 peças)	tu	60	20	3,00
Buscar peças	tb	28	100	0,28
Abastecer e desabastecer máquina	tb	8	1	8,00
Medir comprimento (100%)	tb	5	1	5,00
Medir diâmetro e batimento (a cada 100 peças)	tb	20	100	0,20
Medir batimento (a cada 200 peças)	tb	139	200	0,70
Exame visual (a cada 10 peças)	tb	5	10	0,50
Preencher cartão e colocar peças na saída	tb	27	100	0,27
Preencher caderno de liberação	tb	90	513	0,18
Troca rebolo	tb	3600	32000	0,11
Total por peça				15,23
<b>Posto 8 – Gravadora</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Ciclo Automático	tu	28	12	2,33
Pegar peças no flow rack	tb	17	100	0,17

Colocar e retirar peças no dispositivo	tb	42	12	3,50
Retirar e colocar dispositivo na máquina, acionar	tb	7	12	0,58
Levar peças para saída	tb	17	100	0,17
Trocar cartão e preencher cartão de execução	tb	36	100	0,36
Gravar miscelânea na montagem	tb	42	100	0,42
Total por peça				5,20

Tabela A.1 – Lista de atividades e cronoanálise para o exemplo 1. Fonte:  
Elaborado pela autora (2008).



## APÊNDICE B

Referente ao exemplo 2, descrito no Capítulo 4, item 4.2. No presente apêndice são apresentando os 11 postos de trabalho, com suas respectivas atividades, tempos das atividades, frequência com que a atividade é realizada e o ciclo correspondente de cada atividade por peça para este caso.

<b>POSTO 1 - Bancada</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Pegar base da Bomba	tb	6	1	6
Posicionar Bomba na talha	tb	26	1	26
Retirar cruzeta e chaveta	tb	26	1	26
Colocar pino	tb	5	1	5
Colocar anel, bucha e PVE	tb	16	1	16
Total por peça				79
<b>POSTO 2 – Flange com engrenagem (20%)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Retirar anel e montar bujão	tb	26	1	26
Montar Anel e Flange	tb	39	1	39
Colocar parafusos de fixação	tb	18	1	18
Aplicar torque	tb	23	1	23
Aferir torque	tb	16	1	16
Colocar chaveta	tb	24	1	24
Colocar engrenagem	tb	45	1	45
Colocar porca da engrenagem	tb	22	1	22
Aplicar Torque	tb	23	1	23
Lacar com cola	tb	17	1	17
Transportar para próxima estação	tb	8	1	8
Total por peça				261
20%				52,2
<b>POSTO 2 – Flange com cubo (5%)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Retirar anel da carcaça	tb	19	1	19

Montar anel e flange	tb	39	1	39
Colocar parafusos de fixação	tb	23	1	23
Aplicar o torque	tb	23	1	23
Aferir torque	tb	16	1	16
Colocar chaveta	tb	24	1	24
Montar cubo	tb	68	1	68
Colocar porca do cubo	tb	16	1	16
Aplicar torque	tb	23	1	23
Lacrar com cola	tb	17	1	17
Passar calibrador do cubo	tb	48	1	48
Passar calibrador do flange	tb	40	1	40
Colocar parafuso e chapa do bloqueio	tb	28	1	28
Transportar para próxima estação	tb	8	1	8
Total por peça				392
5%				19,6
<b>POSTO 3 – Teste de queda de pressão (20%)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Fixar dispositivos	tb	12	1	12
Fixar carcaça na bancada	tb	9	1	9
Acionar bi-manual e fechar registro	tb	7	1	7
Teste de queda de pressão	tb	10	1	10
Identificar produto com marcador esferográfico	tb	4	1	4
Retirar dispositivos	tb	10	1	10
Liberar produto	tb	12	1	12
Total por peça				64
20%				12,8
<b>POSTO 3 – Bloqueio (5%)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Retirar bujão lateral da carcaça	tb	19	1	19
Fixar dispositivos	tb	22	1	22
Fixar carcaça na bancada	tb	9	1	9
Ligar bancada e zerar dispositivo de medição	tb	16	1	16
Medir pré-curso conforme	tb	220	1	220

prescrição através de gotejamento				
Colocar pino de bloqueio na posição	tb	18	1	18
Apertar os parafusos na chapa de bloqueio	tb	23	1	23
Retirar pino e reexaminar o bloqueio	tb	33	1	33
Colocar pino e aplicar torque, lacrar parafusos	tb	42	1	42
Registrar valores	tb	16	1	16
Retirar dispositivos	tb	19	1	19
Colocar e aplicar torque no bujão lateral da carcaça	tb	31	1	31
Liberar produto	tb	12	1	12
Total por peça				480
5%				24
<b>POSTO 4 – Escoar Óleo</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Acoplar carcaça na bancada	tb	5	1	5
Retirar capa de proteção	tb	5	1	5
Retirar bujão superior	tb	5	1	5
Escoar óleo no eixo	tb	21	1	21
Escoar óleo pela carcaça do regulador	tb	23	1	23
Torque nas coroas	tb	7	1	7
Montar anel na tampa	tb	8	1	8
Colocar parafusos e aplicar torque	tb	12	1	12
Colocar bujão superior	tb	5	1	5
Total por peça				91
<b>POSTO 5 – Montar FP (65%)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Acoplar carcaça na bancada	tb	9	1	9
Colocar junta	tb	5	1	5
Digitar número de série do produto	tb	7	1	7
Colocar FP	tb	13	1	13

Colocar arruelas nos prisioneiros da FP	tb	7	1	7
Colocar porcas nos prisioneiros da FP	tb	9	1	9
Torque na FP com parafusadeira	tb	7	1	7
Torque na FP com torquimetro	tb	14	1	14
Carimbar produto	tb	4	1	4
Liberar produto da bancada	tb	7	1	7
Total por peça				82
65%				53,3
<b>POSTO 5 – Leitura do código de barras (35%)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Fazer leitura do código de barras da FP	tb	5	1	5
Digitar número de série do produto	tb	7	1	7
Total por peça				12
35%				4,2
<b>POSTO 6 – Aplicar Torque para conferência (50% tipo A)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Retirar PVE	tb	9	1	9
Aplicar torque na bucha	tb	20	1	20
Colocar PVE	tb	11	1	11
Aplicar Torque no PVE	tb	21	1	21
Conferir movimento da alavanca estranguladora	tb	9	1	9
Total por peça				70
50%				35
<b>POSTO 6 – Aplicar Torque para conferência (50% tipo P)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Retirar PVE	tb	49	1	49
Aplicar torque na bucha	tb	20	1	20
Colocar PVE	tb	41	1	41
Aplicar Torque no PVE	tb	21	1	21
Conferir movimento da alavanca estranguladora	tb	9	1	9
Total por peça				140
50%				70

<b>POSTO 7 – Preparação de pressurização</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Pressurizar produto	tu	360	3	120
Retirar PVE e colocar dispositivo para vedação do PVE	tb	32	1	32
Colocar dispositivos de vedação na carcaça	tb	20	1	20
Colocar engate rápido	tb	5	1	5
Colocar dispositivo de vedação (panela)	tb	13	1	13
Total por peça				70
<b>POSTO 7 – Tanque de vedação</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Teste de Vedação	tu	150	1	150
Verificar existência de vazamento	tb	60	1	60
Carregar	tb	12	1	12
Descarregar	tb	12	1	12
Retirar dispositivos e colocar no carrinho	tb	52	1	52
Inclinar produto para escoar e carimbar	tb	27	1	27
Deslocar produto para próxima estação	tb	4	1	4
Total por peça				167
<b>POSTO 8 – Lacres (60% intermediária)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Posicionar produto na bancada	tb	11	1	11
Aplicar lacres de tinta	tb	40	1	40
Colocar capa lacre nos parafusos e porcas	tb	47	1	47
Colocar lacres de arame	tb	19	1	19
Colocar proteções de papelão	tb	27	1	27
Colocar porca no eixo	tb	16	1	16
Total por peça				160
60%				96

<b>POSTO 8 – Lacres (40% completa)</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Posicionar produto na bancada	tb	11	1	11
Aplicar lacres de tinta	tb	60	1	60
Colocar capa lacre nos parafusos e porcas	tb	47	1	47
Colocar lacres de arame	tb	19	1	19
Colocar proteções de papelão	tb	27	1	27
Colocar porca no eixo	tb	16	1	16
Total por peça				180
40%				72
<b>POSTO 9 – Bloqueio lateral</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Posicionar produto na bancada	tb	9	1	9
Retirar o bujão	tb	7	1	7
Posicionar o eixo	tb	5	1	5
Colocar o pino	tb	12	1	12
Testar pino	tb	9	1	9
Colocar placa de aviso	tb	8	1	8
Colocar bujão e aplicar torque	tb	21	1	21
Passar vaselina no eixo	tb	5	1	5
Colocar proteção de papelão, arruela e porca	tb	19	1	19
Desacoplar o produto e liberar	tb	6	1	6
Total por peça				101
<b>POSTO 10 – Inspeção final</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Acoplar produto na bancada	tb	9	1	9
Digitar número de série para visualizar fotos no computador	tb	7	1	7
Retirar protocolos de regulação e sincronização	tb	5	1	5
Verificar número de série e tipo	tb	7	1	7
Realizar exame visual 100% conforme fotos	tb	13	1	13
Verificar haste presa	tb	7	1	7
Colocar proteção de papelão	tb	12	1	12

Aplicar torque no PVE	tb	13	1	13
Liberar produto da bancada	tb	5	1	5
Total por peça				78
<b>POSTO 11 – Saída do produto da célula</b>	<b>Classif.</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Freq.</b>	<b>Ciclo (s)</b>
Colocar proteções nas conexões	tb	13	1	13
Pegar a talha	tb	5	1	5
Colocar olhal no produto e retirá-lo da célula	tb	7	1	7
Deslocar produto até o pallet	tb	11	1	11
Dispor no pallet e colocar proteção no produto	tb	9	1	9
Retornar até a linha e devolver a talha	tb	5	1	5
Total por peça				50

Tabela B.1 - Lista de atividades e cronoanálise para o exemplo 2. Fonte:  
Elaborado pela autora (2008).